
Stanford University Libraries
3 6105 000 649 629





ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXIX.

ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

NEUN UND SECHSZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT FÜNF UND VIERZIGSTER.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1846.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

NEUNTER BAND.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1846.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes LXIX der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber elektrische Figuren und Bilder; von Peter Riefs. . . . 1

II. Untersuchung über Vertheilung und Bindung der Elektricität; von P. S. Munck af Rosenschöld. 44

III. Apparat zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität; von E. Romershausen. 71

IV. Ueber die Spannungsverhältnisse beim Ladungsstrom der elektrischen Batterie; von K. W. Knochenhauer. 77

V. Ob der Magnetismus auf die Saftbewegung der Chara vulgaris einwirke. 80

VI. Einige Versuche, diejenige Kraft, welche die elektrische Spirale auf einen in derselben befindlichen Magnet ausübt, zur rotirenden Bewegung anzuwenden; von E. Stöhrer. 81

VII. Fraunhofer'sche Linien auf einem Pappschirm; von J. Müller. 93

VIII. Prismatische Zerlegung der Interferenzfarben; von Demselben. 98

IX. Ueber die Brechverhältnisse fester Linien in dem von verschiedenen Medien gebildeten Sonnenspectrum; von B. Powell. . . . 110

X. Ueber ein zweites im Tantalit (Columbit) von Bayern enthaltenes neues Metall; von H. Rose. 115

XI. Nachträgliches über das Verhältnifs der elektrischen Polarität zu Licht und Wärme; von Neeff. 141

XII. Ueber den Phenakit vom Ilmengebirge, einem neuen Fundorte desselben; von Gustav Rose. 143

XIII. Ueber die Vergleichung der Reibungselektricität mit der galvanischen Elektricität; von P. Riefs. 151

XIV. Bemerkung zu Lüdersdorff's Versuch über die Natur der Hefe; von Schubert. 157

XV. Schlammauswurf des Vulcans von Ruiz. 159

Zweites Stück.

Seite

I. Vom dynamischen Gleichgewicht der Elektricität in einer Ebene oder einem Körper; von W. Smaasen. 161

II. Galvanische und elektromagnetische Versuche; von M. H. Jacobi. (Reihe II. Abth. I. Ueber die Leitung galvanischer Ströme durch Flüssigkeiten.) 181

III. Galvanische und elektromagnetische Versuche; von Demselben. (Reihe II. Abth. II. Ueber magneto-elektrische Maschinen.) . . 188

IV. Galvanische und elektromagnetische Versuche; von Demselben. (Reihe III. Abth. I. Ueber einige neue Volta'sche Combinationen.) 207

V. Untersuchung über die Vertheilung und Bindung der Elektricität; von P. S. Munck af Rosenschöld. (Schluss.) 223

VI. Ueber die Veränderung des Leitungswiderstandes der Flüssigkeiten durch Erhöhung der Temperatur, nebst Angabe der Construction eines Differentialgalvanometers; von Hankel. 255

VII. Magnetische Intensitätsbestimmungen; von Chr. Langberg. . . 264

VIII. Die Ursache der Luftelektricität noch unerwiesen; Notiz von P. Riess. 286

Drittes Stück.

I. Zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von M. Faraday. 289

(Ueber neue magnetische Wirkungen und über den magnetischen Zustand aller Substanzen.)

II. Ueber die Magnetisirung der Stahlnadeln durch den Entladungsfunken einer elektrischen Batterie; von Hanckel. 321

III. Elektrische Spannungserscheinungen, selbst Funken an ungeschlossenen Inductionsspiralen und an Magneten, welche Elektricität in diesen Spiralen induciren; von Sinsteden. 353

IV. Untersuchung über die Wärmestrahlung; von F. de la Provostaye und P. Desains. (Schluss.) 367

V. Ueber die Linien im Spectrum des durch farbige Dämpfe und Gase gegangenen Lichts, und in dem gewisser farbiger Flammen; von W. A. Miller. 404

VI. Einige Bemerkungen zu Hrn. Prof. J. Müller's optischen Versuchen; von A. Erman. 417

Seite

VII. Ueber den Vergleich der elektrischen mit den galvanischen Formeln; von K. W. Knochenhauer. 421

VIII. Ueber die Entladungszeit der elektrischen Batterie; von P. Riefs. 426

IX. Sehr starke Magnete aus weichem Eisen, ohne Hülfe elektrischer Ströme; von Babinet. 428

X. Neue Mineralien; von A. Breithaupt. 429

XI. Chemische Untersuchung zweier neuen, vom Hrn. Prof. Breithaupt mineralogisch bestimmten Mineralien von der Insel Elba; von O. F. Plattner. 443

XII. Ueber zwei Diamanten mit einem festen Stern im Inneren; von Descloizeaux. 447

XIII. Zur Analyse des in Salpetersalzsäure unauflöslichen Rückstands des uralschen Platins gehörend; von G. Osann. 453

XIV. Ueber die Polarisation des Lichts an Metallen; von J. Jamin. 459

XV. Ueber den Brewster'schen Neutralpunkt; von Babinet. . . . 462

XVI. Sonnenringe, beobachtet am 22. April 1846 zu Paris von Bravais. 465

XVII. Bericht über eine das subhercynische Hügelland betreffende geologische Untersuchung des Hrn. Frapolli. 467

XVIII. Meteorologische und hypsometrische Beobachtungen aus Guatemala. Aus einem Briefe des Hrn. Baily an Hrn. A. v. Humboldt. 469

XIX. Meteorologische Beobachtungen, angestellt i. J. 1845 zu Gongo Soco in Brasilien. 474

XX. Magnetische Inclinationen, beobachtet auf einer Reise nach dem Reiche Schoa. 476

XXI. Ueber die Temperatur der Flüsse unter den Tropen; von Cap. Newbold. 477

XXII. Ueber das Wasser des Wan-Sees und das daraus gewonnene Natron; von de Chancourtois. 479

XXIII. Bemerkung zu der Note des Hrn. Knochenhauer, S. 421 dieses Hefts. 480

Viertes Stück.

I. Lagerung der secundären Flötze im Norden des Harzes, nebst einigen Betrachtungen über die Bildung der Erdrinde, und den Ur-

Seite

sprung der Gypse, Dolomite und Steinsalze; von Ludwig Frapolli. 481

II. Langsame Hebung von New-Foundland. 505

III. Bemerkungen zu Löwig's Volumtheorie; von Hermann Kopp. 506

IV. Ueber die täglichen Veränderungen der Temperatur der Atmosphäre; von H. Dove. 526

V. Schwefel auf vom Blitz getroffenen metallischen Körpern. . . . 534

VI. Ueber das Atomgewicht der Talkerde, nebst nachträglichen Bemerkungen über die polymer-isomorphe Erstattung derselben durch basisches Wasser; von Th. Scheerer in Christiania. 535

VII. Nachtrag zur Notiz über die Natur der Hefe; von Schubert. 542

VIII. Beitrag zur Charakteristik des Dioptas; von M. Websky. . . 543

IX. Ueber das Verhalten der optischen Medien des Auges gegen die Sonnenstrahlen; von Ernst Brücke. 549

X. Ueber eine neue Eigenschaft des Lichts in der Wirkung des chrysamminsauren Kalis auf gemeines und polarisirtes Licht; von Sir D. Brewster. 552

XI Ueber Anwendung des Galvanismus zur Prüfung der Blitzableiter. 554

XII. Ueberall verbreitetes Vorkommen von Kupfer und Arsen. . . 557

XIII. Ueber elektrische Maschinen aus Papier; von R. Wolf. . . 558

Namenregister zu den Bänden LXI bis LXIX 559

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Stöhrer, Fig. 1, S. 84; Fig. 2 und 3, S. 85; Fig. 4, S. 89; Fig. 5 und 6, S. 91. — Miller, Fig. 7 und 8, S. 407. — Powell, Fig. 9, S. 111. — Müller, Fig. 10, S. 100.

Taf. II. — Romershausen, Fig. 1, S. 73; Fig. 2 und 3, S. 74; Fig. 4 und 5, S. 75. — Knochenhauer, Fig. 6, S. 77. — Smaasen, Fig. 7, S. 163; Fig 8, S. 164; Fig 9, S 170; Fig 10, S. 177. — Jacobi, Fig. 11, S. 182; Fig. 12, S. 194; Fig. 13, S. 215. — G. Rose, Fig. 14 bis 16, S 146

Taf. III. — Faraday, Fig. 1, S. 293; Fig. 2, S. 299. — Sinsteden, Fig. 3, S. 356; Fig. 4 und 5, S. 359. — Breithaupt, Fig. 6 und 7, S. 431; Fig. 8 und 9, S. 437; Fig. 10, S. 438; Fig. 11 und 12, S. 439; Fig. 13, S. 441. — Descloizeaux, Fig. 14 bis 17, S. 448.

Taf. IV. — Hankel, S. 343.

Taf. V. — Websky, S. 547.

1846. ANNALEN №. 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXIX.

Ueber elektrische Figuren und Bilder;
von Peter Riefs.

(Auszug aus den Abhandlungen der Academie der Wissenschaften für 1846, physikalische Klasse, S. 1—50.)

I. Elektrische Staubfiguren.

Die Paragraphe 1 bis 4 geben, in kritischer Uebersicht, die Erfindung dieser Figuren durch Lichtenberg, die Färbung derselben durch Villarsy, und die sie betreffenden Untersuchungen von Cavallo, Singer, Kortüm, de Luc, Troostwyck, Krayenhoff und Ekmarck.

§. 5.

Aus allen vorgetragenen Erfahrungen, hauptsächlich aber aus den Veränderungen, welche die Figuren je nach der elektrischen Beschaffenheit der angewandten Pulver erfahren, geht deutlich hervor, dafs Elektricität auf der Oberfläche der isolirenden Platte haftet, und dafs diese auf dargebotene leichte Körper elektroskopisch, anziehend und abstofsend wirkt. Die Anwesenheit dieser Elektricität läfst sich aufserdem noch durch einen leichten Versuch zeigen, in welchem man das Erscheinen der Figuren durch eben das Mittel verhindert, welches eine elektrisirte Fläche unelektrisch macht.

Versuch 1. Ein quadratisches Kupferblech, $\frac{5}{24}$ Linie dick, von $1\frac{3}{4}$ Zoll Seite, wurde auf beiden Flächen mit schwarzem Pech in der Dicke einer starken Pappe bedeckt, und normal zwischen zwei Spitzen geklemmt, von welchen die eine isolirt, die andere zur Erde abgeleitet war. Nachdem die isolirte Spitze von einer positiv geladenen Leydener Flasche einen Funken erhalten hatte, wurde die Platte auf beiden Flächen mit einem Gemenge von Schwefelblu-

men und Mennige bestäubt; auf der Vorderseite derselben (die von der isolirten Spitze berührt worden war) entstand eine regelmäfsige gelbe Sonne mit kurzen Strahlen, auf der Rückseite eine vollkommene rothe Scheibe. Derselbe Versuch wurde an einer andern Platte wiederholt, vor dem Bestäuben aber die Vorderseite derselben eine Secunde lang über eine Spiritusflamme geführt, ohne sie merklich zu erwärmen. Beim Bestäuben erschien die rothe Scheibe vollkommen, von der Sonne aber keine Spur. In einem andern Versuche wurde die Rückseite der Platte über die Flamme gebracht; danach blieb die Scheibe aus, während die Sonne wie früher erschien. Endlich liefs ich beide Flächen von der Flamme bestreichen, und nun wurden sie so gleichmäfsig von dem Pulver bestäubt, als ob sie keiner Elektricität ausgesetzt gewesen wären.

§. 6.

Zur Bildung der Staubfiguren ist es also nöthig, dafs die Elektricität, welche sie erzeugt, noch auf der Platte vorhanden sey, wenn der Staub aufgebracht wird. Die Anordnung des Staubes, so complicirt sie erscheinen mag, wird leicht aus bekannten elektrischen Gesetzen erklärt. Bestäubte Züge entstehen durch unelektrischen Staub, wie durch solchen, der eine der Figur entgegengesetzte Elektricität besitzt, unbestäubte Züge durch Staub, der mit der Figur gleichartig elektrisch ist. Unbestäubt bleiben daher die Figuren, wenn die Platte erst bestäubt und dann elektrisirt wird; überall aber bleiben solche Stellen der Platte staubfrei, die unelektrisch sind und den Figuren nahe liegen, weil an diesen der vorhandene Staub angezogen oder fortgestofsen wird. Eine unzweideutige Staubfigur ist daher nur die bestäubte, und man hat sich zu ihrer Darstellung stets eines Gemenges von zwei Pulvern zu bedienen, die bei der Beutelung entgegengesetzt elektrisch werden; das eine Pulver bildet dann den Grund, auf dem das andere die Figur darstellt. Aber diese Hauptzeichnungen sind stets von secundären Zeichnungen begleitet, die in vielen Fällen so ausgedehnt sind, dafs sie jene verwirren. Auch

diese sind leicht erklärlich. Wie auf einem Glasstabe, dem man an einer Stelle eine Elektricitätsart mitgetheilt hat, sich dicht neben jener Stelle keine Elektricität und weiterhin die entgegengesetzte Elektricitätsart vorfindet, so umgiebt sich jede Staubfigur an ihrer Begränzung mit einer unelektrischen Zone, der eine entgegengesetzt elektrische Zone folgt. Zwischen den gelben Strahlen der positiven Figur treten auf unbestäubtem Grunde rothe Strahlen auf, und um die rothe Scheibe der negativen Figur zieht sich ein breiter unbestäubter Gürtel, der von einem oft sehr scharfen gelben Ringe eingefafst wird. Wo diese, offenbar durch Influenz hervorgerufenen, Zeichnungen nur an der äufsern Begränzung der Figur erscheinen, sind sie leicht von der ursprünglichen Figur zu trennen; schwerer ist diefs, wenn sie innerhalb derselben erzeugt werden. Letzteres ist der Fall, wenn man den Leiter, durch welchen Elektricität auf die isolirende Platte gebracht wird, vor dem Abheben entladet oder die Elektrisirung durch Spitzen bewirkt, die von der Platte entfernt sind. Diese inneren Figuren sind leicht zu vermeiden; was die äufseren betrifft, so werde ich im Folgenden auf sie keine Rücksicht nehmen, und die Angabe der Form, Farbe und Ausdehnung nur auf die Hauptfigur beziehen.

§. 7.

Ich bediente mich zur Darstellung der Staubfiguren der §. 5 beschriebenen Kupferbleche, die theils auf einer Fläche (einfache Pechplatte), theils auf beiden Flächen (doppelte Pechplatte) mit einer dünnen Lage schwarzen Pechs bekleidet waren. Nach jedem Versuche wurde die Pechfläche sorgsam abgefegt und durch Erhitzen wieder spiegelnd hergestellt, und erst, nachdem sie zu vielen Versuchen gedient hatte, durch eine neue ersetzt. Nur wenn im Allgemeinen das Daseyn einer Figur zu zeigen war, habe ich zum Bestäuben der Platte ein einfaches Pulver angewendet. Gepülvertes Colophon, durch Leinwand gebeutelt, wird stark negativ und bestäubt nur positive Figuren; *Semen lycopodii* wird schwach positiv, bestäubt beide Arten von Figuren

und ist daher besonders geschickt, die verwickelten Zeichnungen einer Figur darzustellen, doch wird es darin vom Tabacksrauche noch übertroffen, der überhaupt das bequemste und schärfste Mittel abgiebt, die Figuren darzustellen. Schon Kortüm hat den Rauch von brennendem Papier zu gleichem Zwecke vorgeschlagen. Kommt es darauf an, eine Figur in ihrer Zusammensetzung deutlich zu erkennen, so hat man stets ein Gemenge von zwei entgegengesetzt elektrischen Pulvern zu gebrauchen. Zinnober und *Semen lycopodii* geben ein brauchbares Gemenge, wodurch die positiven Figuren roth, die negativen gelb gefärbt werden; doch steht es in Bezug auf scharfe Trennung dem bekannten Gemenge von Schwefelblumen und Mennige nach, das ich fast ausschliefslich angewendet habe. Hierdurch erscheinen positiv elektrische Stellen der Platte gelb, negative roth. Da die Mennige leichter durchbeutelt als der Schwefel, so mufs man die Platten ziemlich dick bestäuben und das überflüssige Pulver entfernen. Geschieht diefs durch Klopfen, so tritt eine Erscheinung ein, die leicht zu einem falschen Schlusse verleiten kann. Als ich eine dünne einfache Pechplatte von dem überflüssigen Staube befreite, indem ich mit einem dünnen Holzstabe auf die Rückseite derselben klopfte, wurden auf der Pechfläche, aufser den elektrischen Figuren, sehr zierliche von Staub entblöfste Sterne sichtbar, die in der Form den einfachen positiv elektrischen Figuren glichen. Diese Sterne haben keinen elektrischen Ursprung. Das auf dünnen Blechen geschmolzene Pech erkaltet schnell, bleibt in einem Zustande der Spannung und hat dadurch, wie *Unverdorben* gezeigt hat [1]), die Eigenschaft, von einer verletzten Stelle aus radial aufzureifsen. Hat daher ein Schlag die Pechfläche an einem Punkte von dem Bleche gelöst, so verbreitet sich der Sprung sternförmig, und die dadurch hervorgebrachte Erschütterung schleudert den auf der freien Fläche haftenden Staub sternförmig ab, häufig ohne diese Fläche im geringsten zu verletzen. Diese Erklärung ergab sich

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 13, S. 411.

dadurch als die richtige, dafs ich auf dickeren Pechplatten, deren Kupferblech ¼ Linie dick war, auch durch einen heftigen Schlag keine Sterne erhielt. Hier hatte das Pech bei langsamerem Erkalten Zeit gehabt sich zusammenzuziehen und eine festere Textur anzunehmen.

§. 8.

Das Merkwürdige und Räthselhafte der Staubfiguren besteht in der verschiedenen Gestaltung, die sie je nach der sie bildenden Elektricitätsart besitzen. Die positive Figur ist mit Zacken oder Strahlen begränzt, die negative rundet sich stets nach aufsen ab, und dieser leicht fafsliche Unterschied erhält sich bei allen Verwickelungen und Verzerrungen der Figuren. Aber aufser durch die Form sind die Figuren durch ihre Ausdehnung unterschieden, und zwar in so bedeutendem Grade, dafs bei gleicher erzeugenden Elektricitätsmenge das Auge leicht an der Gröfse unterscheidet, welche Figur der einen und der anderen Elektricitätsart zugehört. Die positive Figur nimmt stets auf der isolirenden Platte einen viel gröfsern Raum ein, als die negative; das Verhältnifs der beiden Flächenräume ist schwer genau zu bestimmen, da diese Räume mit der Elektricitätsmenge und mit der Stellung des elektrisirten Körpers gegen die Platte bedeutend variiren.

Versuch 2. Das Kupferblech einer einfachen Pechplatte erhielt eine vollkommene Ableitung; normal gegen die Pechfläche und sie so eben berührend wurde eine isolirte Metallspitze gerichtet. Der Knopf einer Leydener Flasche von ½ Quadratfufs Belegung, die mit einer bestimmten Menge positiver Elektricität geladen war, wurde an die Spitze angelegt, diese sodann isolirt entfernt. Die Bestäubung gab eine vollkommen kreisrunde Sonne mit dichten Strahlen; der Durchmesser derselben in drei Versuchen wurde gefunden 15,2 16,5 16,5 im Mittel 16,1 Millimeter.

Derselbe Versuch wurde ausgeführt mit einer genau zu dem frühern Grade negativ geladenen Flasche. Es entstand eine vollkommen kreisrunde volle rothe Scheibe, deren Durchmesser in drei Versuchen gefunden wurde 5,8 5,7

6,0 im Mittel 5,8 Millimeter. Die Durchmesser der unter möglichst gleichen Umständen erzeugten negativen und positiven Figur verhielten sich also wie 1 zu 2,77 oder die von ihnen eingenommenen Flächenräume wie 1 zu 7,67. Diefs Verhältnifs läfst sich durch Versuche controliren, in welchen die verschiedenen Figuren gleichzeitig erzeugt werden.

§. 9.

Versuch 3. Von zwei einander gegenüberliegenden Spizzen wurde die eine Spitze isolirt, die andere zur Erde abgeleitet, und zwischen beide, normal gegen dieselben und sie so eben berührend, eine doppelte Pechplatte gestellt. Die isolirte Spitze erhielt von einer mit negativer Elektricität zu einem beliebigen Grade gelegenen Flasche einen Funken und wurde dann isolirt von der Pechfläche entfernt. Durch Bestäubung entstand auf der Vorderseite der Platte die rothe negative Scheibe, auf der Rückseite die gelbe positive Sonne. Vier Versuche gaben folgende Maafse:

Durchmesser		Verhältnifs
der negativen	der positiven Figur.	
4,5 Mm.	10,0	2,2
4,5	9,4	2,1
3,4	7,5	2,2
4,7	10,1	2,1

Im Mittel betrug das Verhältnifs des Durchmessers der positiven Figur zu dem der negativen 2,15, war also kleiner als das §. 8 gefundene. Diefs rührt davon her, dafs hier die negative Figur augenscheinlich durch eine gröfsere Elektricitätsmenge gebildet war, als die positive. Das Entgegengesetzte findet in dem folgenden Versuche statt.

Versuch 4. Auf der im dritten Versuche gebrauchten Pechplatte wurden beide Figuren gleichzeitig gebildet, indem der isolirten Spitze direct positive Elektricität mitgetheilt wurde.

Durchmesser der negativen	der positiven Figur.	Verhältnifs
4,0 Mn.	13,4	3,3
3,0	10,3	3,4
3,8	13,0	3,4
3,4	10,7	3,2.

Das Verhältnifs der Durchmesser betrug im Mittel 3,34. Eine leichte Betrachtung zeigt, dafs das Product der beiden gefundenen Verhältnisse das Verhältnifs der Flächenräume angiebt, welche die Figuren bei gleicher Elektricitätsmenge einnehmen würden. Es sey bei Einheit der Elektricitätsmenge der Flächenraum der positiven Figuren $= p$, der der negativen $= n$, und dieser Raum verändere sich proportional einer beliebigen Potenz x der Elektricitätsmenge. Bezeichnet ferner m das durch die Dicke der Pechplatte bestimmte Verhältnifs der beiden gleichzeitig vorhandenen Elektricitätsmengen, so hat man

nach dem 3. Vers. $\frac{pm^x}{n} = (2,15)^2$, und nach dem 4. Vers. $\frac{p}{m^x n} = (3,34)^2$,

und hieraus

$$\frac{p}{n} = 2,15 \times 3,34 = 7,18.$$

Bei gleicher Elektricitätsmenge, und unter gleichen Umständen erzeugt, verbreitet sich die positive Figur über eine sieben Mal gröfsere Fläche, als die negative.

§. 10.

Um die verschiedene Form der Staubfiguren einigermafsen erklärlich zu machen, hat man früher zu eigens dazu erfundenen Vorstellungen und willkührlichen Voraussetzungen seine Zuflucht genommen. De Luc sah in der negativen Figur ein Fortrücken der eigenen Elektricität der isolirenden Platte, in der positiven die Verbreitung der auf die Platte gebrachten fremden Elektricität. Die Anhänger der Franklin'schen Theorie erkannten in der negativen Figur das Bestreben einer elektricitätsleeren Stelle, sich zu füllen, in der positiven das Ueberlaufen einer mit Elektricität überfüllten Stelle. Die Vergleichung mit dem Spitzen-

lichte lag zu nahe, als dafs man nicht durch sie eine scheinbare Erläuterung der Figuren hätte versuchen sollen. Die positive Figur sollte eine Projection des Lichtbüschels, die negative eine des Lichtsterns sein. So wenig mit dieser Analogie gewonnen wäre, so hält sie nicht einmal Stich. Bekanntlich ist auch mit negativer Elektricität leicht ein Büschel zu erhalten, während dieselbe niemals eine in Strahlen ausgehende Figur bildet. Tremery glaubte den Lullin'schen Versuch und die Staubfiguren durch die Annahme zu erklären, dafs die Luft bei gewöhnlichem Drucke die positive Elektricität leichter leite als die negative; aber Biot hat durch genaue Versuche gezeigt, dafs die Leitung durch die Luft für beide Elektricitäten gleich ist. Sollte man annehmen wollen, dafs die isolirende Platte selbst für jede Elektricitätsart ein verschiedenes Leitungsvermögen besitze, so wird in dem folgenden Abschnitte diese Annahme widerlegt werden. Nach diesen ungenügenden Erklärungen blieb nichts übrig, als auf jede Erklärung verzichtend, die Staubfiguren zu Eigenschaften der beiden Elektricitätsarten zu machen, der positiven Elektricität die Eigenheit zu geben, strahlenförmige, der negativen, scheibenförmige Staubfiguren zu bilden. Diefs ist denn auch in neuester Zeit geschehen. Ich werde am Schlusse der Abhandlung auf diesen Gegenstand zurückkommen.

II. Elektrische Staubbilder.

§. 11.

Die Beschreibung dieser Bilder ist in Saxtorph's Elektricitätslehre (Kopenhagen 1803), deutlicher und belehrender aber von Masson in den *Comptes rendus de l'Academie de France* 1843 gegeben worden.

§. 12.

Zur Darstellung der Staubbilder gebrauchte ich möglichst einfache Modelle, drei runde Messingstempel und ein ovales Messingpetschaft. In der Mitte der am häufigsten gebrauchten Stempel befand sich erhaben der Buchstabe T oder F, dessen Verticaltheil $3\frac{1}{2}$ Linien hoch, 1 Linie breit war; er wurde von einem schmalen erhabenen Ringe

von 7½ Linien Durchmesser umgeben. Ich werde überall, wo von einem Bilde ohne nähere Bestimmung die Rede ist, jenes auf die erhabenen Theile des Modells beziehen, die bei einem Stempel den Buchstaben, bei dem Petschaft den Grund darstellen.

Versuch 5. Das Blech einer einfachen Pechplatte erhielt eine gute Ableitung; auf die Pechfläche wurde ein Stempel mit dem Buchstaben F gestellt, der mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine verbunden war. An dem Stiele des Stempels war eine Spitze von 1 Zoll Länge angebracht, und, eine Linie von dieser entfernt, ein Metallstück mit guter Ableitung, zu dem die positive Elektricität der Maschine in Funkenform überging. Nach Einer Umdrehung der Elektrisirscheibe gab die Bestäubung der Pechfläche ein rothes Bild der Stempelfläche, das von einem breiten Strahlenkranze umgeben war. Nach zehn Umdrehungen zeigte sich ein deutliches rothes Bild des Buchstaben, während der Grund durch krause gelbe Staubfiguren ausgefüllt war. Die Vorrichtung, in welcher die Funken übergingen, wurde stärker befestigt und die Funkenlänge zu ½ Linie verringert. Nachdem 20 bis 40 Funken übergegangen waren, erschien ein Bild des Stempels durch die Bestäubung; Buchstabe und Ring waren roth oder unbestäubt auf gelbem Grunde, während die Fläche des Stempels von dem gelben Strahlenkranze eingefafst blieb. Bei einigen folgenden Versuchen erschien das Bild zweimal gelb, einmal der Balken des Buchstaben gelb, der Stamm roth. Da diese Art der Erzeugung des Bildes sich unsicher erwies, so ging ich zu der folgenden über.

Versuch 6. Eine Leydener Flasche von ½ Quadratfufs Belegung wurde zu einem bestimmten Grade geladen. Hierzu diente ein isolirter Metallteller, auf den die Flasche gestellt und der mit einer Kugel versehen war, welcher in 3 Linien Entfernung eine vollkommen abgeleitete Metallkugel gegenüber stand. Nach der Anzahl der hier übergehenden Funken wurde die Ladung der Flasche beurtheilt. Der T-Stempel wurde auf eine einfache Pechplatte gestellt,

und nachdem er elektrisirt war, isolirt abgehoben. Die Flasche wurde mit 25 Funken positiv geladen, ihr Knopf an den Stempel angelegt und sogleich wieder entfernt. Hierdurch war auf der Pechplatte ein vollkommenes Bild entstanden. T und Ring erschienen wenig und roth bestäubt, von gelben Linien eingefafst, der Zwischenraum mit krausen gelben Staubfiguren dicht ausgefüllt, ein breiter gelber Strahlenkranz umgab das Bild. Alle Wiederholungen des Versuchs gaben dasselbe Resultat, wenn die Pechfläche kurz zuvor durch Erhitzen erneut worden war. Wenn der Stempel nach dem Elektrisiren entladen und dann erst abgehoben wurde, so war das Staubbild merklich verändert, Buchstabe und Ring waren nicht mehr scharf begränzt, der Strahlenkranz trat nicht unmittelbar an den Ring, sondern war durch einen eingerissenen rothen Gürtel von demselben getrennt.

Versuch 7. Der vorige Versuch wurde mit einer Flasche wiederholt, die mit 25 Funken negativ geladen war. Bei isolirter Abhebung des Stempels war Buchstabe und Ring wenig bestäubt und gelb, der Grund roth. Als der Stempel vor dem Abheben entladen war, erschien T und Ring gelb, mit rothen Linien eingefafst, der Raum zwischen beiden gleichfalls gelb; in einem andern Versuche mit rothen und gelben Zeichnungen ausgefüllt.

§. 13.

Aus den Versuchen des vorigen Paragraphs geht deutlich hervor, dafs die Staubbilder durch Influenzelektricität erster Art erzeugt werden, dafs daher bei Anwendung der positiven Elektricität das Bild negativ, bei Anwendung der negativen positiv elektrisch ist. Aber bei der beschriebenen Art den Versuch anzustellen, konnte nicht vermieden werden, dafs auch die angewandte Elektricität auf die Pechfläche überging und daselbst Staubfiguren erzeugte. Man überzeugt sich leicht durch den Anblick, dafs der gelbe Grund im sechsten, der rothe im siebenten Versuche aus feinen Staubfiguren zusammengesetzt, und der das Bild umgebende Strahlenkranz eine grofse positive Staubfigur ist.

Daher denn auch die bedeutende Aenderung des Bildes durch nicht isolirtes Abheben des Stempels. Die Staubfiguren entstehen unabhängig vom Staubbilde, sie verwischen häufig die Umrisse desselben, treten in dasselbe hinein oder verdecken es gänzlich. Um das Staubbild sicher und rein zu erhalten, mufs man die Bildung der Staubfiguren vermeiden, was ich durch mehrere Methoden erreicht habe.

Versuch 8. An eine Leydener Flasche wurde statt des Knopfes eine Messingkugel von 4 Zoll Durchmesser angesetzt, die Flasche selbst, nachdem sie mit 30 Funken (Versuch 6) positiv geladen war, horizontal auf einem Gestelle befestigt. Unter der Kugel, ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll von ihr entfernt, befand sich der Stiel des T-Stempels, der auf einer einfachen gut abgeleiteten Pechplatte stand. An dem Stempel war eine feine Nadel horizontal befestigt. Der Zweck dieser Vorrichtung ist deutlich. Der Stempel wurde durch die Kugel durch Influenz so elektrisirt, dafs die an Pech anliegende Stempelfläche positiv elektrisch war; eine zu starke Elektrisirung wurde durch die Nadel verhindert. Nachdem die Pechfläche 21 Minuten der elektrischen Wirkung ausgesetzt war, wurde sie abgenommen und bestäubt. T und Ring erschienen sehr scharf und roth, aufserdem waren einige unregelmäfsige gelbe Flecke, von einer Staubfigur aber keine Spur sichtbar. Dieser Versuch gab bei Wiederholung stets gute Bilder, aber bei einer länger dauernden elektrischen Einwirkung eine gröfsere Anzahl der erwähnten gelben Flecke.

Versuch 9. Unter eine alte trockene Säule, an der jeder Pol bei Ableitung des andern Pols ein Goldblattelektroskop mit zolllangen Blättern etwa 60° divergiren machte, wurde eine einfache Pechplatte mit darauf gestelltem Stempel gebracht. Der positive Pol der Säule wurde mit dem Stempel verbunden, vom negativen ein Draht in eine Spiritusflamme geführt. Nach 5$\frac{1}{2}$ Stunden wurde die Platte bestäubt und zeigte ein äufserst scharfes rothes Bild auf einem mit gelben Flecken bedeckten Grunde. Es war gleich-

gültig, ob der Stempel isolirt oder nicht von der Pechplatte abgehoben war. Statt den nicht benutzten Pol der Säule mit einer Flamme zu verbinden, kann man ihn auch zur Erde ableiten, und erhält so, obgleich erst nach einer längern Zeit, gleich vollkommene Bilder.

Versuch 10. Eine Pechplatte mit Stempel, während 16 Stunden dem negativen Pole der Säule ausgesetzt, deren positiver Pol zur Erde abgeleitet war, erhielt ein vollkommenes gelbes Staubbild; in dem Grunde war keine Spur einer Staubfigur, dagegen eine Anzahl rother Flecke sichtbar.

Ein Petschaft mit einem Buchstaben wurde 46¾ Stunden dem negativen Pole der Säule ausgesetzt; es erschien ein vollkommenes gelbes Bild, Buchstabe und Ring roth; aufserhalb der Bildfläche waren rothe Flecke merklich.

Ein Petschaft mit sechs Buchstaben war 25½ Stunden mit dem positiven Pole der Säule verbunden gewesen; die Pechfläche zeigte ein rothes Bild, in dem die Schrift, unbestäubt, vollkommen lesbar erschien.

Mit der trocknen Säule erhält man, wenn die gehörige Zeit der Einwirkung innegehalten wird, vollkommene Staubbilder, und zwar ohne Ausnahme in der Farbe, die der der angewandten Elektricitätsart entgegengesetzten Art zugehört. Hier zeigt sich der wesentliche Nutzen des Pulvergemenges; stellt man die Staubbilder mit *Semen lycopodii* dar, so ist durchaus nicht zu unterscheiden, durch welche Elektricitätsart sie hervorgebracht worden sind.

§. 14.

Die Farbe der unregelmäfsigen Flecke in den Staubbildern zeigt, dafs sie von Elektricität herrühren, die von dem angewandten Pole auf die Pechplatte an Stellen übergegangen ist, die ihr ein leichtes Einströmen erlaubte. Sie zu vermeiden, hat man nur jener Elektricität einen noch leichteren Uebergang zu einer leitenden Umgebung zu bereiten, wie es geschieht, wenn man die Staubbilder in verdünnter Luft erzeugt.

Versuch 11. Ein hohler mit Metallfassungen geschlossener Glascylinder, in dem ein Stempel auf eine Pechplatte

gestellt war, wurde auf eine Luftpumpe geschraubt, und die Luft in demselben bis 3 Linien Barometerhöhe verdünnt. Eine Leydener Flasche, mit 25 Funken positiver Elektricität geladen, wurde einige Secunden lang an die obere Fassung des Cylinders gehalten, die mit dem Stempel durch einen Draht verbunden war. Die Bestäubung der Pechplatte gab ein vollkommenes rothes Bild auf einem ganz gleichmäfsig bestäubten Grunde. Derselbe Versuch mit negativer Ladung der Flasche lieferte ein vollkommenes gelbes Bild.

In dieser Weise erhält man also ganz tadelfreie Bilder und zwar sehr sicher; nur wenn die Pechfläche nicht eben war oder unreine Stellen enthielt, habe ich durch diese Methode Bilder mifsrathen sehen.

Versuch 12. Die Glasbüchse wurde bis 4 Linien Druck von Luft entleert, die obere Fassung derselben (die mit dem Stempel verbunden war, der in der Büchse stand) mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden, und letztere 10- bis 20mal umgedreht. Häufig entstanden hierbei vollkommene tadelfreie Bilder, zuweilen keine oder anormale. Dann waren entweder nur die Ränder des Stempels abgebildet, oder es erschienen zwar die Bilder normal gefärbt, aber mit anders gefärbten Rändern. Einigemal erschienen die Bilder anormal gefärbt, das positive Bild gelb, das negative roth, oder auch ein unbestäubtes Bild auf einem Grunde, der die Farbe der angewandten Elektricitätsart hatte. In diesen Fällen war die angewandte Elektricität auf die Pechplatte übergegangen, ohne die Schärfe der Bilder zu stören.

§. 15.

Die Staubbilder sind unter allen elektrischen Zeichnungen die einfachsten, und ihre Erklärung unterliegt keiner Schwierigkeit. Ein Stempel, der, mit einer Elektricitätsart geladen, auf eine isolirende Platte gestellt ist, erregt an der Oberfläche derselben durch Influenz die entgegengesetzte Elektricität, und zwar am stärksten da, wo er der Oberfläche am nächsten ist, unter den erhabenen Stellen, und

wo er selbst am stärksten elektrisch ist, an den Rändern dieser Stellen. Unter den vertieften Stellen des Stempels wird die schon an sich schwächere Influenzelektricität aufgehoben durch fortdauernden Uebergang der eigenen Elektricität des Stempels. So entstehen die vollkommensten Bilder (Versuch 11) mit Anwendung der Leydener Flasche im luftverdünnten Raume, wo der Uebergang der Elektricität an den Rändern erleichtert und zugleich die Stärke der Elektrisirung beschränkt ist. Wird durch zugelassene Luft der Uebergang der Elektricität erschwert, so entstehen, wenn die Elektrisirung des Stempels gering ist und längere Zeit hindurch erhalten wird, gute Bilder auf fleckigem Grunde (Versuch 8 bis 10); wenn aber jene Elektrisirung plötzlich und heftig eintritt, Bilder und Staubfiguren zusammen (Versuch 6 und 7). Alle diese Bilder sind durch Influenzelektricität erzeugt, weil, wie schon der Elektrophor zeigt, zwischen zwei ebenen Platten von sehr verschiedenem Leitungsvermögen Elektricität schwer übergeht. Dieser Uebergang kann indefs bei den Stempeln auf der Pechplatte erzwungen werden, wenn die Elektrisirung der ersten, durch Verbindung mit dem Conductor einer sehr wirksamen Elektrisirmaschine, in häufig wiederkehrenden Stöfsen geschieht. Dann entstehen zuweilen (Versuch 5 und 12) die Bilder in der Farbe, die der Elektricität des Stempels zugehört, oder auch, wenn die übergegangene Elektricität nur zur Neutralisirung der Influenzelektricität hinreicht, unbestäubte Bilder. Die Erzeugung solcher Bilder ist ihrer Natur nach unsicher; ich werde unten (§. 23) ein complicirtes Verfahren angeben, solche anormal gefärbte Bilder sicherer zu erzeugen. Wendet man statt der glatten Metallstempel Holzstöcke mit geschnittenen Figuren an, die auf Pech oder eine gefirnifste Glastafel gestellt werden, so erhält man zwar auch Bilder in der Farbe der angewandten Elektricität, sie sind aber stets unvollkommen und durch Staubfiguren entstellt.

Merkwürdig und belehrend sind die Staubbilder hauptsächlich durch ihre grofse Schärfe, mit welcher sogleich

einige zur Erklärung der Staubfiguren aufgestellte Hypothesen (§. 10) widerlegt werden. Bei allen meinen Versuchen verging 1 Minute oder mehr, ehe die Pechplatte nach Abnahme des Stempels bestäubt wurde, und dennoch erhielt ich gleiche und gleich scharfe Bilder, von welcher Elektricitätsart sie auch herrühren mochten. Nirgends fand sich in dem eigentlichen Bilde eine strahlige Ausbreitung der positiven oder eine rundliche der negativen Elektricität, nirgends waren die geraden Linien der Umrisse im geringsten gestört. Wären die Staubfiguren Eigenthümlichkeiten der beiden Elektricitätsarten, so hätte sich hier die Neigung zu denselben zeigen müssen; würde eine Elektricitätsart von der Luft oder der isolirenden Platte besser geleitet als die andere, so hätte sich ein solcher Unterschied in verzerrten Dimensionen der Bilder bemerkbar gemacht. Ich habe einmal eine Pechplatte, die dem negativen Pole der trocknen Säule ausgesetzt gewesen war, nach Abnahme des Stempels 37 Minuten liegen lassen, ehe ich sie bestäubte; dennoch erschien das Bild, wenn auch schwächer als sonst, gelb und mit vollkommen proportionirten Umrissen, im Gegensatze zu der zackigen Form, welche die positive Elektricität bei den Staubfiguren, auch bei denen von geringster Ausdehnung, so leicht kenntlich macht. Dadurch eben erscheinen mir die Staubbilder von so groſser Wichtigkeit, weil sie die scheinbare Beleuchtung der Staubfiguren, mit der man, so nothdürftig sie war, sich bisher begnügt hat, aufheben, diese Figuren in ein völliges Dunkel zurückwerfen, und die Lösung des Räthsels an einem anderen Orte, als bisher, zu suchen nöthigen.

III. Elektrische Hauchfiguren.

§. 16.

Ich habe im Jahre 1838 die Erfahrung gemacht [1]), daſs die Oberfläche von Glas und Glimmer, über die ein elektrischer Entladungsfunke fortgegangen war, beim Anhauchen eigenthümliche verästelte Figuren zeigt, die spiegelhell

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 43, S. 85.

auf dem vom Hauche getrübten Grunde stehen. Die Platten waren zwischen Spitzen in den Schliefsungsbogen einer Batterie eingeschaltet, und ich habe als besonders auffallend hervorgehoben, dafs die Figuren auf beiden Flächen jeder Platte, also um die mit der äufsern Belegung der Batterie, wie um die mit der innern verbundene Spitze, von durchaus gleicher Form erschienen. Durch Prüfung am Elektroskope ergaben sich die Stellen einer trockenen Glasplatte, auf welchen beim Hauche die unbenetzten Figuren erschienen, als leitend geworden. Am Glimmer vermochte ich diefs nicht nachzuweisen. Vier Jahre später [1]) belegte ich die Erscheinung mit dem Namen der elektrischen Hauchfiguren und fügte Einiges über ihre Entstehung hinzu. Die Hauchfiguren waren von ganz gleicher Form, sie mochten an einer positiv oder negativ geladenen Batterie erzeugt sein; sie liefsen sich lange Zeit aufbewahren, und endlich, wenn auch in anderer Form, auf Metallplatten darstellen. Nachdem nämlich elektrische Funken auf hellpolirte mit Gold oder Silber plattirte Kupferbleche geschlagen hatten, stellte sich im Hauche eine völlig spiegelnde Kreisfläche dar, umgeben von mehr oder minder getrübten Kreisen. Hieraus ergab sich, dafs die Hauchfiguren weder von haftender Elektricität, noch von Metalltheilen, die von den Ansatzspitzen losgerissen seyn konnten, entstanden waren, sondern durch eine Oberflächenänderung der angewandten Platten an den Stellen, wo die elektrische Entladung sie berührt hatte. Ehe ich diese vorläufige Untersuchung hier wieder aufnehme, habe ich eine bisher unbekannte Eigenschaft des Glimmers anzugeben, die dabei zu Hülfe genommen wird.

§. 17.

Die Eigenschaft einer frischen Glimmerfläche, den Wasserdampf zu einer cohärenten Wasserschicht zu verdichten, ist in diesen Annalen, Bd. 67, S. 354, mitgetheilt worden.

§. 18.

Versuch 14. Eine kleine Metallkugel, die mit dem Conduc-

1) Repertorium der Physik, 6. Band 1842, S. 180.

ductor einer Elektrisirmaschine verbunden war, wurde an die Mitte einer einfachen Pechplatte angelegt, deren Basis vollkommen abgeleitet war. Der Conductor wurde positiv elektrisirt, so dafs mehrere Funken über die Pechfläche schlugen, ohne diese sichtlich zu verletzen. Angehaucht zeigte diese Fläche den Weg der Funken durch geschlängelte schwarze Streifen auf dem getrübten Grunde. Diese Streifen erschienen gleichfalls, wenn die Pechfläche vor dem Behauchen mit einer Flamme bestrichen worden war; sie erhielten sich sogar dann ungestört eine längere Zeit. Die Streifen waren genau von derselben Form, als der Conductor der Maschine negativ elektrisirt wurde. Diese Hauchfiguren schneiden zwar stets scharf von dem Grunde ab, aber nicht immer durch dieselbe Condensation des Wasserdampfs; häufig bemerkt man die Streifen von zwei Linien eingefafst, die stärker getrübt sind als der Grund, oft auch befindet sich eine solche getrübte Linie in der Mitte des Streifens. Diese Aenderungen im Aussehen der Hauchfiguren sind von der Art der angewandten Elektricität gänzlich unabhängig.

Versuch 15. Ueber ein Glimmerblatt, das zwischen zwei Metallkugeln geklemmt war, schlugen Funken vom Conductor der Maschine, der positiv oder negativ elektrisirt wurde. Es entstanden sehr vollkommene Hauchfiguren in der Gestalt feiner Verästelungen auf beiden Seiten des Blattes, die durch Bestreichen mit einer Flamme nicht geändert wurden und spiegelhell auf getrübtem Grunde standen. Schon nach einigen Tagen wurden die Figuren merklich getrübt, schieden sich aber deutlich vom Grunde. Figuren, die durch einen Batteriefunken auf Glimmer erzeugt worden waren, konnten noch nach 8 Jahren deutlich erkannt werden.

Versuch 16. Ein Glimmerblatt wurde zwischen zwei Spitzen in den Schliefsungsbogen einer Batterie eingeschaltet. Der Entladungsfunke ging über beide Flächen bis zum Rande des Blattes und verursachte die eigenthümliche Veränderung der Glimmermasse, die ich vor längerer Zeit

unter dem Namen der elektrischen Farbenstreifen beschrieben habe [1]); die beiderseitigen Streifen waren mit verästelten Hauchfiguren umgeben. Derselbe Versuch wurde an einem Glimmerblatte wiederholt, dessen eine Fläche durch Spaltung so eben erneut worden war. Der Funke ging, wie früher, über beide Flächen fort, aber nur die alte Fläche zeigte den Farbenstreifen und die Hauchfiguren, die frische hatte keine Spur davon und wurde bei dem Behauchen nur an einigen unregelmäfsig vertheilten Stellen getrübt.

Versuch 17. Die Spitzen zweier im Schliefsungsbogen einer Batterie angebrachten, rechtwinklig gebogenen Haken, wurden auf dieselbe Glimmerfläche gesetzt, so dafs eine Strecke von $5\frac{1}{2}$ Linien zwischen ihnen frei blieb, in welcher der Entladungsfunke übergehen mufste. Bei einer alten Glimmerfläche zeigte sich im Hauche ein breiter spiegelnder Streifen mit dem gewöhnlichen zackigen Hauchfiguren; auf einer frischen Fläche aber nur eine Anzahl unregelmäfsiger benetzter Flecke, die den Raum zwischen den Spitzen ausfüllten.

Die Entladung, welche die Hauchfiguren erzeugt, bewirkt zugleich eine Ladung der isolirenden Platte, und man erhält daher auf dieser die Staubfiguren, aber stets mit Andeutung der Stellen, an welchen die Hauchfiguren sichtbar werden, wie der folgende Versuch lehrt.

Versuch 18. Eine Pechplatte wurde den Funken des positiven Conductors der Maschine ausgesetzt, durch welche auf ihr ein Bündel divergirender bandartiger Hauchfiguren entstand. Bestäubt erschienen gelbe Strahlenfiguren, durchbrochen von einem Bündel rother Streifen, die den Hauchfiguren genau entsprachen. Derselbe Versuch wurde an einem negativ elektrisirten Conductor angestellt; die Streifen der Hauchfiguren erschienen gelb zwischen den gewöhnlichen rothen Staubfiguren. Zuweilen erschienen aber die Hauchfiguren in der Farbe der angewandten Elektricität, häufig auch gänzlich unbestäubt, nur als Unterbrechungen der sonst normalen Staubfiguren.

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 43, S. 85.

§. 19.

Diesen Versuchen zufolge bezeichnet die Hauchfigur den Weg, den eine einmalige elektrische Entladung auf einer Fläche genommen hat, und ihre Form ist daher nach der Substanz dieser Fläche verschieden. Auf Metall erscheint dieselbe als runde Scheibe, auf Harz als geschlängelter Streifen, auf Glimmer als feine vielfach verästelte Linie. Von der Art der angewandten Elektricität ist die Hauchfigur unabhängig, da die Entladung stets beide Elektricitäten ins Spiel zieht, und die überschüssige Elektricität, welche auf der Platte haften bleibt, auf die Figur nicht wesentlich einwirkt. Indem der Hauch an die Fläche angebracht wird, worauf sich die Figur bildet, ist keine elektrische Einwirkung mehr vorhanden, ein Umstand, der die Hauchfiguren ganz bestimmt und viel schärfer von den Staubfiguren trennt, als die Verschiedenheit der Form. In elektrischer Beziehung genügt es, die Hauchfiguren einer Oberflächenänderung überhaupt zuzuschreiben, welche die angewandte Substanz durch die elektrische Entladung erfahren hat; die Natur dieser Aenderung wird durch einige Erfahrungen näher bestimmt. Hauchfiguren, die auf sehr alten, eine lange Reihe von Jahren der Luft ausgesetzten Glimmerflächen dargestellt werden, erscheinen sehr bestimmt und unter allen Umständen als spiegelhelle Zeichnungen auf getrübtem Grunde; bei Anwendung eines neuern Glimmer fehlt oft die Schärfe, zuweilen findet nur ein geringer Unterschied der Trübung zwischen Figur und Grund statt, es kommen Fälle vor, wo die Figur stärker getrübt ist, als der Grund. Eine gleiche Wandelbarkeit der Erscheinung tritt bei den Harzflächen ein; während neue zum ersten Male gebrauchte Pechflächen stets spiegelnde Hauchfiguren liefern, giebt eine oft umgeschmelzte, also ihres ätherischen Oels gröſstentheils beraubte Fläche nicht selten stark getrübte Figuren auf weniger getrübtem Grunde. Ich habe diese Anomalieen, die man durch Wahl der Platten vermeiden kann, nicht angeführt, da sie der elektrischen Seite der Erscheinung nicht zugehören; sie sind leicht erklärlich, wenn man annimmt,

dafs in den Hauchfiguren nicht die eigentliche Oberfläche einer Substanz verändert ist, sondern eine diese Oberfläche deckende fremde Schicht, die durch Niederschlag aus der Atmosphäre oder durch die Zubereitung der Platte auf dieselbe abgelagert ist. Entscheidend spricht für diese Annahme der Umstand, dafs auf einer frischen Glimmerfläche, die erweislich nur mit einer Wasserschicht bedeckt ist, keine Hauchfigur zu Stande kommt, und es werden in dem folgenden Abschnitte Erscheinungen mitgetheilt werden, die nur unter dieser Annahme erklärt werden können.

IV. Elektrische Hauchbilder.

§. 20.

Diese Bilder sind gegen Ende des Jahres 1842 von Hrn. G. Karsten erfunden und zum Gegenstand von drei Abhandlungen genommen worden (diese Annalen, Bd. 57, 58, 60). Herr Knorr hat einige Versuche über die Entstehung derselben angestellt (Annalen, Bd. 61).

§. 21.

Ich versuchte zuvörderst, ob dauernde Elektrisirung einer Platte ohne Entladung hinreiche, ein Hauchbild zu erzeugen.

Versuch 19. Ein Stempel auf einer Pechplatte wurde 16 Stunden lang von dem negativen Pole einer trocknen Säule elektrisirt. Die Platte zeigte im Hauche kein Bild, beim Bestäuben ein vollkommenes Staubbild. Unter den Knopf einer mit positiver Elektricität geladenen Flasche wurde in $9\frac{1}{2}$ Linien Entfernung eine Pechplatte mit dem Stempel gebracht; nach einer halben Stunde war kein Hauchbild entstanden, obgleich ein rothes Staubbild zum Vorschein kam. Eine Pechplatte mit dem Stempel wurde in einer bis 4 Linien Druck evacuirten Büchse durch 20 Umdrehungen der Elektrisirmaschine elektrisirt; im Hauche war nur der Rand des Stempels, bei der Bestäubung ein vollständiges Bild sichtbar.

Durch einfache Elektrisirung entstehen also keine Hauchbilder, es ist zu ihrer Erzeugung die Entladung der Elektricität nöthig, die ich, um den Versuch sicher zu machen, durch ein Funkenmikrometer bewerkstelligte. Dieser Ap-

parat besteht im Wesentlichen aus zwei kleinen Metallkugeln (Durchmesser $6\frac{1}{3}$ Linien), die auf Glasfüfsen mefsbar einander genähert werden können. Die eine Kugel blieb isolirt, die andere wurde vollkommen abgeleitet. Die isolirte Kugel wurde mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine verbunden und zugleich ging ein Silberfaden von ihr aus mit einem Metallgewichte (5 Grammen), das auf den abzubildenden Stempel gestellt wurde. Zu allen Versuchen wurde eine Elektrisirmaschine mit zweifüfsiger Scheibe und einem Reibzeuge gebraucht, an welcher die Elektricität des Conductors durch Umlegen zweier Arme schnell gewechselt werden konnte; eine Maschine mit doppeltem Reibzeuge würde die Anzahl der zu jedem Versuche nöthigen Umdrehungen bedeutend verringert haben.

Versuch 20. Entfernung der Kugeln des Mikrometers $\frac{1}{2}$ Linie. Auf eine sorgsam getrocknete Glasscheibe wurde ein Stempel und auf diesen das kleine Gewicht gestellt; nach 40 bis 50 Umdrehungen der Maschine zeigte das Glas im Hauche ein vollkommenes helles Bild. Aber nicht jedes Glas gab ein gutes Bild, auch eine sonst brauchbare Tafel gab oft unvollständige Bilder; bei Anwendung des Glimmers statt des Glases kamen gleichfalls, wenn auch seltner, mifslungene Bilder vor. Niemals aber war diefs der Fall, als ich mich der Pechtafeln bediente, die leicht eben und spiegelnd zu erhalten sind; auf diesen entstand durch wenige Umdrehungen der Maschine ein vollkommenes ungetrübtes Bild. Dasselbe läfst sich mehrere Tage lang erhalten, wenn man die Pechplatte gleich nach dem Versuche durch eine Flamme unelektrisch gemacht hat.

§. 22.

Das einfache Hauchbild entsteht durch wiederholte elektrische Entladungen, die zwischen dem Modelle und der isolirenden Platte abwechselnd in entgegengesetzter Richtung statt finden. Die Elektricität, welche dem Modelle mitgetheilt wird, geht auf die Platte über und später an das Modell zurück, wenn diefs durch das Funkenmikrometer entladen wird; es entsteht also eine Bewegung der-

selben Elektricitätsart von oben nach unten und von unten nach oben. Dafs Hauchbilder durch Entladungen nach Einer Richtung entstehen, habe ich nicht bemerkt. Es entstand zwar zuweilen ein ziemliches Bild auf einer Platte, die so gut leitete, dafs im Mikrometer keine Entladung statt fand; aber eine Funkenerscheinung am Rande des Modells zeigte alsdann, dafs die Oberfläche der Platte das Modell und nicht das Bild entlud, hier also dieselbe Folge der Entladungen, wie sonst, eintrat. Die Entladungen zwischen einem schlechten und einem guten Leiter sind nie vollständig; es bleibt Elektricität der angewandten und der entgegengesetzten Art auf der isolirenden Platte zurück, die daselbst Staubfiguren, oft auch Staubbilder, zu erzeugen im Stande ist.

Versuch 21. Der Stempel T, auf eine Pechfläche gesetzt, erhielt durch das Funkenmikrometer positive Elektricität. Nachdem eine Anzahl von Funken im Mikrometer übergegangen war, wurde die Pechfläche behaucht und bestäubt. Auf eine Umdrehung der Scheibe kamen im Durchschnitte 12 Funken.

Funkenzahl	
20	kein Hauchbild. Bestäubung: T und Ring roth, im Grunde Figuren beider Art. Gelber Strahlenkranz als Einfassung (dieser auch in der Folge).
30	schwaches Hauchbild. Staubbild angedeutet, Figuren.
40	deutliches Hauchbild. T unbestäubt in einem Grunde von Staubfiguren.
50	scharfes Hauchbild. Gewirre von Figuren, kein Staubbild.
60 u. 70	dasselbe.

Die Ausbildung des Staubbildes ist daher zufällig und hat keinen directen Einflufs auf die des Hauchbildes; eine indirecte Einwirkung läfst sich in einigen Fällen nachweisen. Auf der Pechfläche nämlich ist das Hauchbild, auch wenn es nur durch 2 Umdrehungen erzeugt ist, stets voll-

ständig, das heifst, alle erhabenen Stellen des Modells sind durch gleichmäfsig ungetrübte Stellen der Fläche wiedergegeben. Auf Glas hingegen und auf altem Glimmer bilden sich zuerst nur die Kanten des Modells scharf ab; von einem Stempel wird der Buchstabe durch seine Umrisse, der Ring durch zwei concentrische Kreise kenntlich, und erst nach lange fortgesetzter Elektrisirung erhält man das Bild mit vollkommen ausgedrückten Flächen. Der Grund hiervon ist in der auf der Platte nach einer Entladung zurückgebliebenen Elektricität zu suchen. Zu Anfang des Versuchs, wo diese Elektricität fehlt, oder nur in geringer Menge vorhanden ist, finden die Entladungen nur an den am stärksten elektrischen Stellen, den Kanten, statt, und erst dann, wenn diese Elektricität die Entladungen daselbst erschwert, treten sie auch im Innern der Bildfläche ein. Auf den Harzflächen ist die Isolirung nicht so vollkommen und die Entladungen finden sogleich in der ganzen Ausdehnung der Bildfläche statt.

§. 23.

Es ist bisher bei jedem Versuche nur auf Ein Hauchbild Rücksicht genommen worden, das auf der vom Stempel bedeckten Stelle der isolirenden Fläche entsteht; in der That waren aber die Bedingungen für mehrere Hauchbilder vorhanden, die gleichzeitig gebildet und unter geeigneten Umständen aufgezeigt werden können. Indem nämlich die eine Fläche einer dünnen Glimmer-, Glas- oder Harztafel an bestimmten Stellen Elektricität erhält, geht nach einem bekannten Gesetze von der zweiten Fläche Elektricität derselben Art fort, und zwar, wie der folgende Versuch zeigt, wenn die Flächen die Elektricität nicht leiten, an genau mit den ersten correspondirenden Stellen.

Versuch 22. Auf eine Pechplatte wurde ein Glimmerblatt, auf dieses der T-Stempel gestellt, der von einer positiv geladenen Flasche einen Funken erhielt und dann mit dem Glimmer abgenommen wurde. Die Pechfläche zeigte bestäubt den Buchstaben und Ring vollkommen scharf in gelber Farbe, den Grund mit positiven Staubfiguren ausge-

füllt. Nach einem Funken negativer Elektricität gab die Pechfläche T und Ring scharf und roth, den Grund aus negativen Figuren gebildet.

In beiden Fällen fand also eine zwiefache Entladung derselben Elektricitätsart in gleicher Richtung statt: von dem Stempel zur obern Glimmerfläche, und von der untern Glimmerfläche zur Pechfläche; hätte man den Stempel entladen, so würden beide Entladungen in entgegengesetzter Richtung zurückgegangen seyn. Durch fortgesetztes Laden und Entladen des Stempels kann man daher zwei einander gleiche Reihen von Entladungen erzeugen, die abwechselnd in entgegengesetzter Richtung statt finden, und bei welchen sich die untere Glimmerfläche gegen die darunter liegende Fläche genau so verhält, wie der Stempel gegen die obere Glimmerfläche. Diese wichtige Consequenz wird durch die elektrolytischen Bilder (siehe den folgenden Abschnitt) vollkommen bestätigt.

Da ein Hauchbild entsteht, wenn wiederholte entgegengesetzte Entladungen dieselbe Stelle einer Fläche treffen, so müssen bei dem Versuche mit Glimmer und Pechfläche drei Bilder sichtbar werden.

Versuch 23. Eine Pechfläche wurde mit einem Glimmerblatte bedeckt und ein Stempel darauf gestellt, der durch das Funkenmikrometer geladen und entladen wurde. Nach 20 Umdrehungen der Maschine war der Stempel auf der obern Glimmerfläche im Hauche vollkommen abgebildet, auf der untern Fläche hingegen nur zum Theil und ebenso auf der Pechfläche. Bei mehrfacher Wiederholung des Versuchs kam nur zweimal ein vollständiges Hauchbild auf dem Peche zu Stande; am häufigsten war nur ein Theil des Stempels scharf abgebildet, der übrige durch Flecke verdeckt.

Diese Bilder bleiben so oft unvollkommen, weil Pech und Glimmer durch die nach jeder Entladung zurückbleibende Elektricität stark zusammenhaften und folgende Entladungen dann an Stellen herbeigeführt werden, die zufällig zerstreut aufserhalb der Bildfläche liegen. Vollkommene Bilder entstehen, wenn eine der einander berührenden Platten leitend ist.

§. 24.

Ein Stempel, der auf eine Metallfläche gestellt und fortdauernd elektrisirt wird, liefert kein elektrisches Bild, weil die abwechselnden Entladungen dabei vermieden und jede hinzugeführte Elektricität sogleich abgeleitet wird. Trennt man hingegen den Stempel von der Metallfläche durch ein Glimmerblatt, so hat man, wie im vorigen Paragraphe gezeigt worden ist, zwei gleichbedeutende Entladungsreihen, und somit die Bedingung zu drei Hauchbildern.

Versuch 24. Eine ebene gut polirte Messingplatte wurde mit einem alten Glimmerblatte von 0,02 Linie Dicke bedeckt, auf dieses ein Stempel gestellt und mit dem Funkenmikrometer verbunden, dessen Kugeln $\frac{1}{2}$ Linie von einander standen. Der Conductor der Maschine wurde positiv elektrisirt; nach 40 Umdrehungen, die ungefähr 100 Funken im Mikrometer lieferten, wurde der Versuch abgebrochen. Es war ein vollkommenes Hauchbild auf der obern und untern Fläche des Glimmers und auf der Messingfläche entstanden. Auf der letztern war das T durch hellen Contour, der Ring durch zwei concentrische Kreise auf das schärfste gezeichnet, die übrige Fläche durch den Hauch gleichmäſsig getrübt.

Wenn die Entladung zwischen den zwei sich berührenden Platten aufgehoben wird, so entstehen keine vielfachen Hauchbilder.

Versuch 25. In einer Büchse wurde eine Silberplatte mit einem Glimmerblatte gedeckt, auf das ein Stempel gestellt und mit der obern Fassung der Büchse leitend verbunden war. Die Fassung wurde an den Conductor der Maschine angelegt; bei 40 Umdrehungen schlugen Funken über den Glimmer zur Silberplatte. Es war auf der obern Seite des Glimmers ein vollkommenes, auf der untern und dem Silber ein ziemliches Hauchbild entstanden. Derselbe Versuch, nachdem der Luftdruck in der Büchse bis 3 Linien verringert war, gab auf der obern Glimmerfläche durch den Hauch nur Andeutung einer Scheibe, auf der untern Fläche und dem Silber keine Spur eines Bildes. Mit Anwendung einer Platinplatte statt der Silberplatte erhielt ich

bei vollem Luftdrucke durch 50 Umdrehungen der Scheibe drei vollkommene Hauchbilder, bei verringertem Drucke nur ein unvollkommenes Bild auf der obern Fläche des Glimmers. Als eine Pechplatte an die Stelle der Metallplatte gesetzt war, kam in verdünnter Luft weder ein Hauchbild, noch ein Staubbild auf dem Peche zu Stande.

Ein so vollständiges, artistisch genügendes Hauchbild auf Metall, wie im 23sten Versuche, kann nur als zufällig entstanden betrachtet werden, da ich auch durch die gröfste Vorsicht nicht dahin gelangt bin, es jedesmal sicher darzustellen. Selten mifslangen die Bilder gänzlich; gewöhnlich war das Hauchbild auf der obern Glimmerfläche vollständig, auf der untern Fläche und dem Metalle unvollständig ausgedrückt. Es fanden sich da nur Theile des Buchstaben und des Ringes scharf wiedergegeben, andere durch Flecke verdeckt. Obgleich solche unvollständige Bilder für den Zweck der gegenwärtigen Untersuchung vollkommen genügen, so will ich doch Einiges mittheilen, was mir zur Erhaltung eines guten Bildes nöthig erschien.

Ein Haupterfordernifs ist die richtige Wahl des Glimmerblattes, das auf seiner untern Fläche die Elektricität nicht leiten darf und im Hauche vollkommen gleichmäfsig getrübt werden mufs. Hat man daher mit einem Glimmerblatte ein Bild erzeugt, und wendet dieselbe Stelle zu einem zweiten Bilde an, so gelingt diefs nicht. Eine vor Kurzem erneute Fläche des Glimmers darf das Metall nicht berühren, wie sich im folgenden Versuche zeigt.

Versuch 26. Ein so eben gespaltenes Glimmerblatt wurde mit der frischen Fläche auf eine Silberplatte gelegt und der darauf gestellte Stempel durch 40 Umdrehungen elektrisirt; es entstand im Hauche kein Bild auf dem Silber, sondern nur ein Haufen unregelmäfsiger Flecke. Das Glimmerblatt wurde umgekehrt, so dafs nun die alte Fläche die Metallplatte berührte, und der Stempel auf eine andere Stelle gestellt; es entstand durch gleiche Elektrisirung, wie früher, auf dem Silber ein vollkommenes Hauchbild. — Es war an einem Glimmerblatte die Hälfte der einen Fläche erneut

worden. Als die alte Hälfte auf einer Messingplatte stand, erhielt ich ein ziemliches Bild; aber keins, als die neue Hälfte gebraucht wurde. Das Glimmerblatt wurde zugleich mit der alten und neuen Fläche auf das Messing gelegt, der Stempel aber so gestellt, dafs er beide Flächen deckte; es entstand bei einem Versuche kein Bild, bei einem folgenden ein sehr verworrenes.

Gebrauchte Glimmerblätter werden nach einigen Tagen, wenn man sie unter leichter Bedeckung aufbewahrt hat, wieder brauchbar, stehen aber den alten unbenutzten Blättern stets nach. Geringern Einflufs als die Beschaffenheit des Glimmerblattes hat die Politur des Metalles auf das Gelingen der Bilder, und man hat darauf nicht die minutiöse Sorgfalt zu verwenden, welche bei Bereitung der Platten zu Daguerrebildern nöthig ist. Es genügt hier, wenn die Platte vollkommen trocken ist und vom Hauche gleichmäfsig getrübt wird. Doch aber erscheinen bei verschiedenen Metallen die Putzmittel nicht gleichgültig. Bei Messing fanden sich Oel, Zinnasche und Filz, bei Platin und Silber Alkohol, Knochenasche und lose Baumwolle am zweckdienlichsten. Die Anwendung des Oels giebt der Platte eine farbige Trübung durch den Hauch, die ich nur bei Messing als nützlich zu einem guten Bilde erprobt habe. Wahrscheinlich ist das verschiedene Verhalten der Metalle bei dem Putzen Ursach, dafs die Hauchbilder auf verschiedenen Metallen nicht mit gleicher Leichtigkeit erzeugt werden. Platin gab mir am leichtesten gute Bilder, dann Messing, am schwersten Silber (Daguerreplatten). Dafs das nützliche Putzen hier nicht die Reinigung des Metalls bewirkt, sondern vielmehr das Ueberziehen desselben mit einer fremden Schicht, zeigte folgender Versuch.

Versuch 27. Eine Platinplatte, mit Zinnasche, Alkohol und Baumwolle geputzt, gab vortreffliche Hauchbilder, bei welchen die Umrisse des Modells aufserordentlich scharf ungetrübt erschienen. Die Platte wurde geglüht, in concentrirte, bis zum Kochen erhitzte Schwefelsäure getaucht, in destillirtem Wasser abgespült und erhitzt; sie war hiernach

so rein, dafs sie warm einen Strom von Wasserstoffgas entzündete. Auf einer so zubereiteten Platte gelang aber kein Hauchbild, und nur einmal war die Scheibe des Stempels schwach angedeutet. Danach auf die frühere Weise geputzt, gab sie gute Bilder.

Das häufige Mifslingen der mehrfachen Hauchbilder kann nicht auffallen, wenn man bedenkt, dafs ein gelungenes Bild Entladungen zwischen der untern Glimmerfläche und der Metall- oder Pechfläche in der ganzen Ausdehnung des Bildes voraussetzt. Sind die genannten Flächen an der Stelle des Bildes nicht ganz gleichförmig, finden sich Punkte an einer dieser Flächen, welche die Entladung begünstigen, so werden diese am meisten von der Elektricität verändert und es entsteht neben dem Abbilde des Modells auch eins jener schadhaften Stellen. Ein Glimmerblatt, das an seiner untern Fläche mehrere Brüche hatte, gab auf Silber ein scharfes Hauchbild dieser Brüche, aber von dem aufgesetzten Stempel nur einen kleinen Theil des äufsern Ringes wieder.

§. 25.

Das Sichtbarwerden der Hauchbilder ist von Karsten einer Reinigung der Platten zugeschrieben worden; derselbe hat eine solche bei den Bildern auf Metall thatsächlich nachgewiesen. Auch auf nichtleitenden Platten ist häufig das Bild durch Stellen bezeichnet, an welchen die reine Oberfläche blosgelegt ist. Auf einer Glimmerfläche, deren isolirende Eigenschaft an allen Stellen geprüft war, wurde ein vollkommenes Hauchbild erzeugt; die Stelle, an der es beim Anhauchen erschien, war leitend geworden und verlor diese Eigenschaft erst durch Erhitzen; sie verhielt sich also wie eine reine Glimmerfläche (§. 17). Bei dem Glase habe ich schon früher gefunden, dafs die Hauchfiguren Stellen des Glases bezeichnen, welche durch die Entladung leitend geworden sind. Aber diese Reinigung, wenn sie auch am häufigsten vorkommt und die schönsten Bilder erzeugt, ist keineswegs allgemein, und das Hauchbild kann auch durch Verunreinigung der Platte entstehen.

Versuch 28. Auf der frischen Fläche eines eben gespal-

tenen Glimmerblattes wurde ein Stempel gesetzt, und, mit Einschaltung des Mikrometers, durch 40 Umdrehungen der Maschine elektrisirt. Es erschien ein vollkommenes Hauchbild auf dem Glimmer, in dem Buchstabe und Ring durch scharfe getrübte Linien gezeichnet waren, während der übrige Theil der Fläche ungetrübt blieb. Bei Wiederholung des Versuchs erschien die Zeichnung weniger scharf, aber Buchstabe und Ring vollkommen ausgefüllt und getrübt. Auf einer alten Glimmerfläche war ein vollkommen helles Hauchbild des Stempels dargestellt worden; der Stempel wurde wieder auf die Stelle des Bildes gestellt und durch 40 Umdrehungen elektrisirt. Das nun entstandene Hauchbild unterschied sich deutlich von dem alten, indem es vollständig getrübt war. — Auf einem alten Glimmerblatte, das bei 40 Umdrehungen ein gutes helles Hauchbild gab, wurde ein Bild durch 100 Umdrehungen hergestellt; es erschien eine helle Scheibe von gröfserm Umfange, als der Stempel besafs, auf welcher der Buchstabe vollkommen getrübt hervortrat.

Ich habe diese Fälle hervorgehoben, da sie unzweideutig sind und mit sicherm Erfolge wiederholt werden konnten. Sonst kommen Hauchbilder, in welchen die erhabenen Stellen des Modells durch stärkere Trübung vom Grunde abschneiden, gelegentlich vor, und ich habe sie bei den verschiedenartigen Platten und bei Anwendung jeder der beiden Elektricitätsarten bemerkt. Auf Pech entstehen sie häufig bei Darstellung der mehrfachen Hauchbilder (§. 23). Die in der Trübung verschiedene Art des Hauchbildes hängt von dem Zustande der angewandten Platte und des Stempels und von der Stärke der Elektrisirung ab, und die hellen Bilder kommen nur darum öfter vor, weil man sich unreiner Platten und einer möglichst geringen Elektrisirung zu bedienen gewohnt ist.

Die Entstehung der Hauchbilder ist, wie die der Hauchfiguren, allgemein einer Veränderung zuzuschreiben, welche die elektrische Entladung in der Schicht hervorbringt, welche die Platten deckt, und je nach den Umständen in einer

Verdichtung oder Verdünnung dieser Schicht besteht. Bei den Hauchbildern geht die Entladung durch zwei auf einander ruhende Schichten, durch die Schicht des Modells oder der Modellfläche (untere Glimmerfläche bei den mehrfachen Bildern) und die der Bildfläche; wenn auch beide Schichten auf einander wirken, so ist doch die Veränderung, welche jede Schicht durch die Elektricität erfährt, unabhängig von der der andern. Eine Verdünnung der einen Schicht bedingt nicht nothwendig eine Verdichtung der andern; bei den Bildern auf Metall entspricht am häufigsten das Bild der untern Glimmerfläche in der Schattirung dem der Metallfläche.

In elektrischer Beziehung sind noch die Bilder von Interesse, die zuweilen auf Metall ohne Hauch sichtbar, darin gleichsam eingeätzt sind (§. 20). Ich habe in einer frühern Abhandlung erwähnt [1]), daſs wenn eine Entladung aus einem festen Leiter in ein flüssiges oder luftförmiges Medium tritt und daselbst intermittirt, die discontinuirliche Entladung schon in geringer Tiefe des festen Körpers beginnt und daselbst mechanische Wirkungen ausübt. Ein Funke, aus einer reinen Metallfläche gezogen, verletzt dieselbe; läſst sie aber unverändert, wenn sie unrein oder gar gefirniſst ist. Ein ähnlicher Fall tritt bei den Hauchbildern auf Metall ein. Geht nur eine geringe Anzahl von Entladungen zwischen der Metallfläche und dem sie deckenden Glimmer über, so beginnt die intermittirende Entladung in der fremden Schicht auf der Oberfläche des Metalls, und das Metall bleibt unverletzt; ist hingegen diese fremde Schicht zerstört und dadurch eben das Hauchbild entstanden, und man läſst die Entladungen fortdauern, so beginnen diese im Metalle selbst und verändern dasselbe in bekannter Weise. Ich habe solche feste Bilder auf Silber zuweilen schon durch eine geringe Anzahl von Umdrehungen der Maschine (50 bis 60) erhalten; es waren in ihnen einzelne Theile des Stempels in bräunlicher Farbe wiedergegeben.

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 65, S. 536.

V. Elektrolytische Bilder.

§. 26.

Diese Bilder entstehen durch elektrische Zersetzung eines dazu geeigneten Salzes (des Jodkalium), und sind daher nach der elektrischen Einwirkung ohne Weiteres sichtbar. Ich habe sie zum Beweise der oben angenommenen hin- und hergehenden Entladung bei den Hauchbildern (§. 22) erfunden, und ihre Darstellung als ein artiges Experiment bereits vorläufig bekannt gemacht [1]). Es ist zuerst an einige bekannte Erfahrungen zu erinnern. Wird die stumpfe Spitze einer Platinnadel auf ein mit Jodkaliumlösung befeuchtetes Papier gestellt, das auf einer zur Erde abgeleiteten Metallplatte liegt, so entsteht unter der Spitze ein brauner Fleck, wenn man die Nadel positiv, aber kein Fleck, wenn man sie negativ elektrisirt. Wendet man positive und negative Elektricität in beliebiger Ordnung nach einander an, so bleibt dennoch die Färbung durch die positive Elektricität; diefs ist auch dann noch der Fall, wenn die Menge der negativen Elektricität die der positiven bei Weitem übertrifft. Die Platinnadel wurde mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden und durch drei Umdrehungen der Scheibe positiv elektrisirt, wodurch ein brauner Jodfleck auf dem Papiere entstand; dieser blieb vollkommen sichtbar, nachdem die Nadel sogleich durch 60 Umdrehungen negativ elektrisirt worden war. Bei einem elektrolytischen Versuche ist es nöthig, dafs die Nadel fest auf dem Papiere stehe; bleibt zwischen ihrer Spitze und dem Papiere ein Luftzwischenraum, so tritt aufser der elektrolytischen Wirkung eine chemische ein: es wird bei Anwendung jeder Elektricitätsart in der Luft Salpetersäure gebildet, die, auf das Papier niederfallend, das Jod daselbst ausscheidet. Der elektrolytische Fleck unterscheidet sich von dem durch Salpetersäure gebildeten durch seine viel schärfere Begränzung.

Wie oben (§. 23) angegeben wurde, treten bei Bildung der mehrfachen Hauchbilder Entladungen in abwechselnd entgegengesetzter Richtung zwischen dem Glimmerblatte und

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 67, S. 135.

der Metallplatte ein; bei positiver Elektrisirung des Stempels empfängt in der ersten Entladung die Metallplatte positive Elektricität, bei negativer Elektrisirung die Glimmerplatte. Bei gleicher Funkenzahl im Mikrometer erhält die Metallplatte gleich oft positive Elektricität, welche Elektricitätsart auch man zu den Versuchen anwenden mag. Das Jodkalium wird nur von der Hälfte der stattfindenden Entladungen gefärbt, von *der* Hälfte nämlich, bei welcher es positive Elektricität empfängt, und die andere Hälfte bleibt wirkungslos. Die äufsern Bedingungen zur Bildung eines elektrolytischen Bildes sind dieselben, welche bei den mehrfachen Hauchbildern gelten, und es wird im Allgemeinen jedesmal, wo ein Hauchbild auf Metall entstanden wäre, bei Verwechselung der Metallplatte mit einem Jodkaliumpapier, ein elektrolytisches Bild zu Stande kommen.

Versuch 29. Ein Stück (Muster-) Kartenpapier wurde auf einer Fläche mit einer Lösung von Jodkalium in Wasser befeuchtet, auf eine zur Erde abgeleitete Metallplatte gelegt und mit einem Glimmerblatte bedeckt. Ein Stempel wurde auf den Glimmer gestellt, durch ein Gewicht von 2 bis 14 Unzen angedrückt und mit dem Funkenmikrometer (§. 21) verbunden, dessen Kugeln $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt waren. Nach zwanzig Umdrehungen der Scheibe, deren positive Elektricität fortwährend mit Funken zwischen den Kugeln überging, war ein sehr scharfes Bild auf dem Papiere entstanden, in welchem Buchstabe und Ring einförmig braun erschienen.

Als der Conductor der Maschine negative Elektricität erhielt, erschien kein Bild durch den erwähnten Versuch, sondern ein Haufen unregelmäfsig vertheilter Jodflecke.

Der Grund dieses verschiedenen Erfolges ist nach der obigen Auseinandersetzung klar. Bei positiver Elektrisirung des Stempels wird das Papier durch Entladungen gefärbt, die bei der Ladung des Stempels eintreten; bei negativer hingegen durch solche, die in den Momenten statt finden, wo die Funken im Mikrometer überspringen. Die ersten Entladungen erfolgen schneller und mit geringerer Elektrici-

täts-

tätsmenge als die zweiten; letztere gehen daher leichter an Stellen des Papiers über, die aufserhalb der Bildfläche liegen. Um ein Bild mit negativer Elektricität zu erhalten, hat man daher nur die mit Einemmale entladene wirksame Elektricitätsmenge durch die Schlagweite im Mikrometer zu verkleinern.

Versuch 30. Die Kugeln des Mikrometers wurden bis $\frac{1}{4}$ Linie einander genähert. Die negative Elektricität, welche durch 20 Umdrehungen der Scheibe erzeugt wurde, brachte ein vollkommenes Bild zu Stande, das sich in Nichts von dem mit positiver Elektricität entstandenen Bilde unterschied, als dafs einzelne Stellen im Buchstaben und Ringe nicht gleichförmig braun, sondern gefleckt waren.

Beide Elektricitätsarten geben im Wesentlichen Bilder derselben Art, in welchen die erhabenen Stellen des Modells durch volle vom Jod gefärbte Flächen abgebildet sind. Solche Bilder, wo nur die Kanten des Modells bezeichnet sind, wie sie sich oft im Hauche zeigen, kommen hier nicht vor, weil auf dem feuchten, sich der Glimmerfläche genau anschliefsenden Papiere die Entladung in der ganzen Bildfläche leicht gemacht ist. Die schönsten und am gleichmäfsigsten gefärbten Bilder erhält man mit positiver Elektricität; bei Anwendung der negativen entstehen fast immer Flecke, und ich erhielt einigemale Bilder, die, obgleich deutlich erkennbar, aus lauter gesonderten Flecken zusammengesetzt waren. Gänzlich mifslungene Bilder, wo bei Anwendung der positiven oder negativen Elektricität nur ein Haufen einzelner Flecke sichtbar wird, entstehen bei gehöriger Vorsicht nur selten. Ich wandte zwei Sorten von Kartenpapier an. Die eine (mit Stärke) schwach geleimte Sorte wurde von der, etwas freies Jod enthaltenden, Jodkaliumlösung violett gefärbt; die andere (mit animalischem Leime) stark geleimte, blieb ungefärbt. Auf beiden Papieren entstanden scharfe Bilder, aber auf dem schwach geleimten Papiere waren sie beständiger und liefsen sich durch eine zähe Lösung von Gummi arabicum leichter fixiren. Auf dem stark geleimten Papiere ging die Schärfe der Um-

risse schon in wenigen Minuten verloren. Die fixirten Bilder lassen sich lange Zeit erhalten, obgleich nie in der aufserordentlichen Schärfe, die sie gleich nach dem Versuche besitzen. Ich habe verschiedene Stempel und Münzen abgebildet (durch 20 bis 80 Umdrehungen der Scheibe), aber scharf wiedergegeben nur die Flächen gesehen, welche unmittelbar an dem Glimmer anlagen. Von einer Münze erschien daher nur die Schriftseite vollständig; diese aber, 45 Zeichen verschiedener Gröfse enthaltend, vollkommen lesbar. Um das Bild einer Schrift umzudrucken, stellte ich es auf dem stark geleimten Papiere dar und prefste es sogleich gegen ein mit Gummilösung befeuchtetes schwachgeleimtes Papier. Eine richtige Befeuchtung des Papiers zur Darstellung des Bildes wird erhalten, wenn man einige Tropfen der Jodkaliumlösung in dasselbe einziehen läfst und die überflüssige Feuchtigkeit durch Fliefspapier entfernt. Das Gelingen des Bildes hängt grofsentheils von der Beschaffenheit des Glimmerblattes ab. Dasselbe darf nicht zu dick seyn (bis 0,05 Linie) und mufs eine durchaus gleichmäfsige Oberfläche ohne Risse oder Flecke besitzen. Vollkommene Isolation der Elektricität durch die untere Fläche wird nicht erfordert, und ich habe zuweilen gute Bilder mit einer frischen Glimmerfläche erhalten, die auf dem Papiere lag. Es rührt diefs daher, dafs die Wasserschicht, welche die frische Fläche deckt, von dem angedrückten Papiere eingesogen, und wegen Ausschlusses der Luft während des Versuches nicht erneut wird.

VI. Unächte Hauchbilder.

§. 27.

Diese Bilder haben nichts elektrisch Merkwürdiges, aber man mufs sie kennen, da sie häufig vorkommen und mit den ächten Hauchbildern leicht verwechselt werden können. Ich habe in einer früheren Untersuchung bei einer Stelle, wo die Existenz von Staubfiguren nachgewiesen werden sollte, bemerkt, dafs häufig ein leichtes Anhauchen der

Pechfläche genüge, diese Figuren zu erkennen [1]. An jenem Orte war eine Verwechselung nicht möglich, da es keine Hauchfiguren von der angegebenen Form giebt und die im Hauche bemerkten Figuren ohne Weiteres für Staubfiguren genommen werden mufsten; leicht aber kann eine Täuschung bei den Bildern eintreten. Befindet sich nämlich in dem Zimmer, wo ein Bild auf einer isolirenden Platte erzeugt wird, feiner Staub, besonders Tabacksrauch, so entsteht gleich nach dem Abheben des Stempels ein äufserst feines Staubbild, das in der Spiegelung der Platte nicht zu erkennen ist, aber durch verschiedene Condensation des Hauches deutlich hervortritt. Säubert man nun, wie zur Conservirung der Hauchbilder nöthig ist (§. 21), die isolirende Platte an einer Flamme von Elektricität, so bleibt das Staubbild auf jener ersten Stufe stehen, und ist schwer von einem ächten Hauchbilde zu unterscheiden; unterbleibt diese Säuberung, so wird das Staubbild im Hauche immer merklicher und ist bald auch ohne Hauch sichtbar. Das wirkliche Hauchbild dagegen ist am schärfsten im Augenblicke, wo man den Stempel von der Platte hebt, und nimmt danach durch Bildung von Staubfiguren merklich an Bestimmtheit ab. Das unächte Hauchbild hat zwar stets den Charakter eines benetzten Bildes, kann aber dennoch, wenn nur die Kanten des Modells abgebildet sind, den Eindruck eines unbenetzten geben. Es entstehen auch zuweilen unächte Hauchbilder durch Unreinheit des angewandten Stempels oder (bei den mehrfachen Bildern) der untern Glimmerfläche; diese sind aber weniger gefährlich, da die gröbern Staubtheile auf der Platte vor der Behauchung leicht erkannt werden.

VII. Classification der elektrischen Zeichnungen im Allgemeinen.

§. 28.

Der Zusammenhang zwischen den elektrischen Zeichnungen jeder Art läfst sich am leichtesten übersehen, wenn

1) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 51, S. 352.

man dieselben nach der Art ihres Sichtbarwerdens classificirt und nach der Art ihrer Entstehung von einander unterscheidet.

Die primär elektrischen Zeichnungen

werden durch Elektricität sichtbar, die auf Staubtheile elektroskopisch wirkt; sie kommen daher nur auf schlecht leitenden Flächen vor und sind nach der Art der sie bildenden Elektricität verschieden.

Die Staubfiguren entstehen, wenn die Elektricität durch eine discontinuirliche Entladung auf eine Platte gekommen ist; die continuirliche Entladung und die Elektricitätserregung durch Influenz liefert sie nicht (§. 29). Diese Figuren werden daher stets durch die Elektricitätsart gebildet, welche bei der Entladung im Ueberschusse angewendet wurde; charakterisirt sind sie durch ihre nach der Elektricitätsart verschiedene Form; bei gehöriger Wahl der Pulver auch durch die Art der Bestäubung oder die Farbe.

Die Staubbilder entstehen bei jeder Art der Entladung, auch bei der Elektricitätserregung durch Influenz; durch letztere am häufigsten und schönsten. Sie werden daher zumeist durch eine Elektricitätsart gebildet, welche der am Modelle angebrachten entgegengesetzt ist. Nach der Wahl der Pulver sind sie hei verschiedener Elektricitätsart verschieden bestäubt oder gefärbt.

Die secundär elektrischen Zeichnungen

werden sichtbar durch eine mechanische oder chemische Aenderung, welche die Oberfläche einer Platte durch elektrische Entladungen erfahren hat; sie entstehen auf Platten jedes Stoffes und sind nach der angewandten Elektricitätsart nicht verschieden. Sie zerfallen in zwei Gruppen, je nachdem jene Aenderung nur die jede Oberfläche deckende fremde Schicht trifft, wonach die Zeichnungen erst durch Condensation von Dämpfen sichtbar werden, oder nachdem die Substanz der Oberfläche selbst verändert wird, wonach sie unmittelbar sichtbar sind.

Durch Condensation von Dämpfen sichtbare Zeichnungen.

Die Hauchfiguren entstehen durch eine einzelne elektrische Entladung, und sind nach dem Stoffe der Platte, auf der sie gebildet werden, verschieden geformt. Auf Harzen sind sie bandförmig, auf Metallen kreisförmig, auf Glas und Glimmer vielfach verästelt.

Die Hauchbilder entstehen durch abwechselnd in entgegengesetzter Richtung erfolgende Entladungen. Sie sind nach dem Stoffe der Platten nicht verschieden; eine unwesentliche Verschiedenheit (die stärkere oder geringere Trübung der Bildfläche) wird durch die Reinheit der Platten bedingt.

Unmittelbar sichtbare Zeichnungen.

Die Farbenstreifen [1]) entstehen durch eine heftige elektrische Entladung auf der Oberfläche von Glimmer oder weichem Glase; sie erscheinen als gefärbte, von zwei scharfgezeichneten dunkeln Linien eingefaſste Bänder.

Die Priestley'schen Ringe [2]). Wenn mehrere Entladungen einer Batterie zwischen einer Spitze und einer polirten Metallfläche statt finden, so entstehen auf der letztern mehrere gefärbte concentrische Kreise durch Oxydation des Metalls.

Die festen Bilder entstehen auf jeder Platte durch eine Reihe von Entladungen in abwechselnder Richtung, die nach Entstehung des vollkommenen Hauchbildes eine längere Zeit fortdauern (§. 25).

Die elektrolytischen Bilder entstehen auf Papieren, die mit einer geeigneten zersetzbaren Flüssigkeit getränkt sind, durch eine Reihe von abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Entladungen, von welchen nur *die* Hälfte wirksam ist, bei welcher sich eine bestimmte Elektricitätsart auf das Papier entladet.

1) Repertorium der Physik, Bd. 6, S. 182.

2) Priestley's Geschichte der Elektricität (v. Krünitz), S. 468.

Mit dieser Uebersicht schliefse ich die allgemeine Untersuchung der elektrischen Figuren und Bilder, da ich die verschiedenen Arten derselben streng von einander geschieden und mit den bekannten Wirkungen der Elektricität und der elektrischen Entladung in Zusammenhang gebracht zu haben glaube, einige noch nicht berührte Fragen aber, wie die über die Natur der die Platten deckenden fremden Schicht, in ein anderes Gebiet verweisen darf. Ich habe nun einige Muthmafsungen mitzutheilen über einen bereits (§. 10) erwähnten Gegenstand, der, von höchstem Interesse für die ganze Elektricitätslehre, bisher in tiefes Dunkel gehüllt geblieben ist.

VIII. Ueber die Formverschiedenheit der Staubfiguren und die Ursache derselben.

§. 29.

Es ist bisher behauptet worden, dafs wenn Elektricität von einem Körper auf eine isolirende Platte übergeht, auf dieser die charakteristischen Staubfiguren gebildet werden. Ist positive Elektricität übergegangen, so soll sich dieselbe mit Strahlen und Zacken ausbreiten; ist es negative, so soll sich diese zu Scheiben und Perlen abrunden. Ich habe aufserdem für diese Figuren gezeigt, dafs bei gleicher Elektricitätsmenge die positive Figur einen viel gröfsern, nahe siebenfachen Raum auf der Platte einnimmt, als die negative. Aber die ausgesprochene Bedingung zur Bildung der Figuren ist nicht genügend und schon in der vorstehenden Untersuchung sind mehrere Fälle angedeutet worden (§. 13. Vers. 8 — 10), wo Elektricität an Pechplatten überging, ohne Staubfiguren zu bilden. Als ein Staubbild unter dem positiven Pole der trocknen Säule erzeugt wurde, erschienen bei der Bestäubung neben dem rothen Bilde einige gelbe unregelmäfsige Flecke, und ebenso unter dem negativen Pole rothe Flecke neben dem gelben Bilde. Bestäubt man zwei Bilder, die unter beiden Polen der Säule entstanden sind, mit *Semen lycopodii*, so sind diese Flecke, obgleich sie von entgegengesetzten Elektricitätsarten herrühren, durch-

aus nicht zu unterscheiden. Man kann diese Flecke auch allein, ohne Staubbilder, erhalten.

Versuch 31. Eine Leydener Flasche mit grofser Kugel wurde mit positiver Elektricität geladen und horizontal auf einem Tische befestigt; unter und neben der Kugel wurden einfache Pechplatten befestigt in einer solchen Entfernung, dafs auf sie kein Funke übergehen konnte. Als nach 30 bis 70 Minuten die Platten abgenommen und bestäubt wurden, erschien auf ihnen eine grofse Menge rundlicher gelber Flecke in unregelmäfsiger Vertheilung, die keine Spur einer strahligen Ausbreitung zeigten. War die Flasche mit negativer Elektricität geladen, so erschienen die Flecke roth, sonst aber den frühern völlig gleich.

Hier waren also durch beide Elektricitäten, die von der Flasche zu den Pechplatten übergingen, Staubzeichnungen ohne Formverschiedenheit gebildet worden. Hätte man den Uebergang der Elektricität durch unmittelbares Anlegen der Platten an den Knopf der Flasche bewirkt, so würde unfehlbar der erste Versuch gelbe Sonnen, der zweite rothe an einandergereihte Scheiben hervorgebracht haben. Aber die beiden Entladungsweisen sind auch von einander sehr verschieden. Bei Anlegung der Platte an den Knopf geschieht die Entladung mit Funken und Geräusch; es ist eine, von mir so genannte, discontinuirliche Entladung, während in dem 31sten Versuche die Elektrisirung der Platte durch eine licht- und geräuschlose continuirliche Entladung geschah [1]. Dieser merkwürdige Zusammenhang zwischen der Art der Entladung und der Bildung der Staubfiguren findet sich überall bestätigt. Wo eine continuirliche Entladung der Elektricität statt findet, entstehen keine Staubfiguren, sondern bei längerer Dauer nur die erwähnten Staubflecke; und wo Staubfiguren gebildet worden, läfst sich stets bei einiger Aufmerksamkeit die discontinuirliche Entladung entdecken. Bei Erzeugung der Staubbilder unter der trocknen Säule habe ich stets nur Staubflecke er-

1) Abhandlungen der Academie 1845. Poggendorff's Annalen, Bd. 65, S. 532.

halten, aber auch niemals einen Funken bemerkt; wurden diese Bilder unter dem Knopfe einer geladenen Flasche erzeugt, so fanden sich in den meisten Fällen nur Staubflecke vor; wenn eine Staubfigur erschien, so war durch ein knisterndes Geräusch früher erkannt worden, dafs zwischen Stempel und Pechplatte eine discontinuirliche Entladung statt gefunden hatte. Wir sind also zu dem Satze gekommen:

> Elektrische Staubfiguren entstehen nur dann, wenn Elektricität durch eine discontinuirliche Entladung an eine isolirende Platte gekommen ist.

§. 30.

Lichtenberg hat unter der Glocke einer Luftpumpe Staubfiguren erzeugt und gefunden, dafs die, verschiedener Elektricitätsart zugehörigen, Figuren sich im Ansehen einander zu nähern scheinen [1]). Die beigegebene Abbildung lehrt aber, dafs er nur eine geringe Verdünnung der Luft angewandt habe; seine positive Figur zeigt noch scharf ausgebildete Strahlen, die nach dem folgenden Versuche, bei stärkerer Verdünnung, gänzlich fehlen.

Versuch 32. Auf eine einfache Pechplatte in einer Glasbüchse wurde das stumpfe Ende eines Drahtes gestellt, der von einer mit positiver Elektricität geladenen Flasche einen Funken erhielt. Bei vollem Luftdrucke entstand durch die Bestäubung der Platte eine vollständige Sonne mit dichten Strahlen; als die Luft aber bis $27\frac{1}{2}$ Linien Barometerhöhe verdünnt war, durch dasselbe Verfahren ein unregelmäfsiger gelber Fleck, der abgerundet, zuweilen mit stumpfen Ecken versehen war. Einmal hatte dieser Fleck die Gestalt einer vollen 8, deren Kreuzungspunkt die Stelle der Drahtspitze markirte. Diese Figuren haben weder Aehnlichkeit mit der positiven Staubfigur, noch sind sie bestimmt charakterisirt. Ganz ebenso verhielt es sich mit der durch negative Elektricität gebildeten Figur, die unregelmäfsig, mit unbestimmten verwaschenen Umrissen erschien. Bei

1) *De nova methodo naturam ac motum fluidi el. investigandi. Gott.* 1779. *Commentatio posterior p.* 14.

stärkerer Verdünnung (2 bis 3 Linien Druck) entstand keine Art von Zeichnung, die Drahtspitze hinterliefs nur einen Punkt auf der Pechfläche, der bei positiver Elektricität roth, bei negativer gelb, also durch Influenzelektricität gebildet war. Bei den Staubbildern ist schon angeführt worden (§. 14), dafs sie in stark verdünnter Luft vollkommen rein erscheinen, weder durch Staubfiguren, noch durch Staubflecke entstellt.

§. 31.

Die Wirkungen einer discontinuirlichen elektrischen Entladung auf ein flüssiges oder luftförmiges Medium sind bekannt; das Medium wird auf dem Wege der Entladung zusammengedrückt, zerrissen und Theile desselben werden mit Heftigkeit nach allen Seiten geschleudert. Bei der Entladung zwischen einer Metallspitze und einer isolirenden Fläche lehren die Hauchfiguren, dafs die fremde Schicht, welche die Fläche deckt, an vielen Stellen aufgerissen und entfernt wird; es werden daher Theile dieser Schicht mit Luft gemischt bei der Entladung gegen die Fläche geworfen. Nehmen wir nun an, dafs diese Schicht zum Theil aus condensirtem Wassergase bestehe, so folgt, dafs bei der Bildung der Staubfiguren feuchte Luft gegen die isolirende Platte getrieben wird. Die Wirkung eines solchen Luftstromes auf die Platte ist aus Faraday's Versuchen zu entnehmen; als derselbe comprimirte, nicht getrocknete Luft gegen Holz- oder Messingstücke strömen liefs, wurden diese negativ elektrisch [1]). Die feuchte Luft verhielt sich ganz so wie feuchter Wasserdampf, mit welchem Faraday eine ausgedehntere Versuchsreihe anstellte, bei der 30 verschiedene Stoffe gebraucht wurden, unter welchen sich Metalle, Seide, Harze, Schwefel, Glas, Bergkrystall befinden. Alle diese Körper wurden durch den feuchten Dampfstrom, der sie bestrich, negativ elektrisch [2]), so dafs Wasser als der positivste aller Körper angesehen wird. Unter der obigen Annahme wird demnach jede Platte aus

1) *Experimental researches in electricity, Vol. II. alinea* 2130.

2) *ibidem alinea* 2099.

beliebigem Stoffe dadurch, daſs eine discontinuirliche elektrische Entladung sie trifft, negativ elektrisch, und die von der Entladung übrigbleibende Elektricität hat sich auf einer isolirenden Fläche zu verbreiten, die zugleich negativ elektrisch gemacht wird. Nöthwendig wird die Verbreitung und davon abhängige Anordnung der überschüssigen Elektricität eine andere seyn, wenn diese Elektricität positiver, als wenn sie negativer Art ist; sie wird sich im ersten Fall leichter und weiter verbreiten, als im letzten. Wir haben gesehen, daſs der von der positiven Figur auf der Fläche eingenommene Raum nahe siebenmal gröſser ist, als der von der negativen eingenommene. Abhängig von dieser verschiedenen Ausbreitung der Elektricitäten ist die Formverschiedenheit beider Figuren; die zusammengedrückte abgerundete Form der negativen Staubfigur ist für sich klar, während die strahlige Form der positiven die Beachtung erfordert, daſs bei ihr die secundär auf der Platte erregte Elektricität mit der sich darauf verbreitenden ungleichnamig ist und von derselben neutralisirt wird.

§. 32.

Ist es zur Bildung der Staubfiguren nöthig, daſs Elektricität an die Oberfläche einer Platte trete und gleichzeitig diese Oberfläche negativ elektrisch werde, so dürfen da keine Figuren entstehen, wo die zweite Bedingung nicht erfüllt wird. Wir besitzen kein Mittel, Elektricität auf eine isolirende Platte zu bringen und diese gleichzeitig positiv elektrisch zu machen; aber leicht können wir die Platte dabei unelektrisch lassen. Dieſs geschieht, wenn Elektricität durch Influenz auf einer Platte erregt wird, oder wenn Elektricität durch continuirliche Entladung durch die Luft an die Platte tritt; wir haben gesehen, daſs alsdann niemals Staubfiguren entstehen (§. 29). Die abgerundeten Staubflecke, die in diesen Fällen durch beide Elektricitätsarten gebildet werden, zeigen die primitive, durchaus gleichmäſsige Anordnung beider Elektricitäten, aus welcher in den übrigen Fällen durch secundäre Wirkung der negativ gewordenen Platte die Staubfiguren sich entwickeln. Dieser

primitiven Form nähern sich die Staubfiguren, die in verdünnter Luft erzeugt werden; mit Verdünnung der Luft nimmt nämlich die elektrische Ladung des Körpers ab, der die Elektricität auf die isolirende Platte bringt, und damit zugleich die Stärke der Entladung und die mechanische Wirkung derselben. Die Platte wird um so weniger elektrisch, je dünner die Luft um dieselbe ist, und bei hinlänglicher Verdünnung bleibt sie gänzlich unelektrisch; dann aber findet auch keine Entladung der angebrachten Elektricität auf die Platte statt, und sie erhält Elektricität nur durch Influenz (§. 30).

Der Feuchtigkeitszustand der Luft scheint auf die Bildung der Staubfiguren keinen Einflufs zu haben. Als in eine luftdichte Büchse von 8,6 Cubikzoll Inhalt 15 Grammen Chlorcalcium gebracht waren, konnte nach 46 Stunden auf einer von der trocknen Luft umgebenen Pechplatte eine vollkommene positive Staubfigur erzeugt werden.

§. 33.

Die versuchte Erklärung der Formverschiedenheit der Staubfiguren giebt zugleich die Erklärung jener Erscheinung, die unter dem Namen des Lullin'schen Versuches bekannt ist. Bringt man eine Spielkarte in dem Schliefsungsbogen einer Batterie zwischen zwei Spitzen so an, dafs die Spitzen beide Flächen der Karte berühren und 1 Zoll von einander stehen, so geht der Entladungsfunke stets über *die* Fläche, welche von der positiv elektrischen Spitze berührt wird, und durchbohrt dieselbe an einer der negativen Spitze gegenüberliegenden Stelle. Tremery zeigte, dafs, wenn der Versuch in verdünnter Luft angestellt wird, die Durchbohrungsstelle sich desto mehr von der negativen Spitze entfernt, je dünner die Luft ist und bei gehöriger Verdünnung in der Mitte zwischen den Spitzen liegt.

Ich habe in einer frühern Untersuchung gezeigt, dafs jede Entladung aus einer grofsen Menge von Partialentladungen besteht, die in kurzer Zeit auf einander folgen. Man nehme an, dafs in dem beschriebenen Versuche die

ersten Partialentladungen an beiden Spitzen statt finden und durch ihre mechanische Wirkung die Flächen der Karte in der Nähe der Spitzen negativ elektrisch machen, so werden die nächsten Entladungen von der Spitze aus, welche positive Elektricität abgiebt, sich immer weiter auf der Kartenfläche gegen die negative Spitze hin verbreiten können, während an dieser die Entladungen auf einen kleinen Raum beschränkt bleiben. Nach Verdünnung der Luft geschehen die Entladungen nicht mehr an der Oberfläche der Karte, sondern über derselben, die Bedingung zur negativen Elektrisirung der Kartenflächen fällt fort und die Entladungen können von beiden Spitzen aus gleichmäfsig fortgehen, so dafs sie auf den entgegengesetzten Flächen eine nahe gleiche Ausdehnung erhalten.

II. *Untersuchungen über Vertheilung und Bindung der Elektricität;*
von P. S. Munck af Rosenschöld.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Verhandlungen der K. Schwed. Acad. der Wissenschaften (f. d. J. 1845), welche diesen Aufsatz mit dem Lindbom'schen Preise gekrönt hat.)

Wenn ein Körper keine elektrische Erscheinungen äufsert, oder mit andern Worten nicht elektrisirt ist, so ist in ihm, nach Symmer's Hypothese, positive und negative Elektricität in gleicher Menge vorhanden. Man hat jedoch nicht nöthig anzunehmen, dafs beide Elektricitäten, etwa durch eine Art von chemischer Verwandtschaft, eine Verbindung eingehen, durch welche ihre anziehenden und abstofsenden Wirkungen aufgehoben werden. Denn stellt man sich nur vor, dafs die Verbreitung beider im Innern des Körpers dieselbe sey, so werden die Wirkungen der positiven Elektricität auf einen innerhalb oder aufserhalb des Körpers befindlichen Punkt, genau aufgehoben durch die Wirkungen der negativen Elektricität auf denselben

Punkt. Weil also, nach dieser Ansicht, alle auf einen elektrischen Punkt des Körpers wirkende Kräfte in Gleichgewicht sind, kann man den Punkt als ganz frei ansehen, und hieraus erklärt sich leicht, warum eine noch so geringe von aufsen wirkende elektrische Kraft den neutralen Zustand des Körpers aufheben könne. Auf diesem Umstand beruht die sogenannte *elektrische Vertheilung*. Wenn nämlich ein Leiter der Elektricität in die Nähe eines elektrisirten Körpers gebracht wird, jedoch nicht so nahe, dafs ein Uebergang der Elektricität durch die Luft möglich wird, so erfolgt eine Bewegung seiner elektrischen Theilchen, die nicht eher aufhört, als bis ein neuer Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Auf diese Weise wird die gleiche Verbreitung seines natürlichen Vorrathes von positiver und negativer Elektricität mehr oder minder aufgehoben, und der Leiter äufsert selbst elektrische Erscheinungen. Aber sobald die elektrische Wirkung des Leiters nach aufsen merkbar zu werden anfängt, wirkt er zurück auf den vertheilenden Körper, und verändert, wenn auch dieser ein Leiter ist, seinen elektrischen Zustand, woraus ersichtlich ist, dafs die vertheilende Wirkung gegenseitig ist, oder dafs beide Leiter vertheilend auf einander wirken.

Zwei Zustände des der Vertheilung ausgesetzten Leiters müssen wohl unterschieden werden, nämlich der *isolirte* und *nicht isolirte* Zustand. Ist der Leiter isolirt, kann kein Theil der aus der elektrischen Null hervorgegangenen, entgegengesetzten Elektricitäten entweichen, und beide verbreiten sich, an Menge gleich, auf der Oberfläche, und können hier durch die Probescheibe angezeigt werden. Der Erfahrung nach sammelt sich die mit der Elektricität des vertheilenden Körpers ungleichartige Elektricität vorzüglich auf derjenigen Fläche des Leiters, die jenem zugewandt ist, die gleichartige dagegen vorzüglich auf der abgewandten Fläche. Beide Elektricitäten gehen allmählig in einander über und sind durch eine indifferente Zone oder Linie getrennt, wo die elektrische Null noch bestehet. Mit der Entfernung des Leiters von dem vertheilenden Körper än-

dert sich diese Linie, so wie die ganze Anordnung der beiden Elektricitäten, jedoch ist kaum möglich mit Rücksicht hierauf allgemeine Regeln zu geben.

Wird der, der vertheilenden Wirkung ausgesetzte Leiter, den ich kurz den *vertheilten* nenne, ableitend berührt, so verschwindet in ihm, wie die Erfahrung zeigt, jede Spur der gleichartigen Elektricität, die ungleichartige aber gewinnt dadurch der Regel nach an Stärke und breitet sich weiter aus; jedoch sind die Umstände nach Art der Berührung sehr verschieden. Eigentlich mufs man, wenn die Isolirung nicht statt findet, den Leiter sammt dem ableitenden Draht, oder die Unterlage, worauf er steht, als ein Ganzes betrachten, das der vertheilenden Wirkung ausgesetzt ist. Wie weit sich die Elektricität in diesem Falle über die leitende Fläche erstrecke, ist nicht möglich zu untersuchen; denn sie nimmt allmälig ab, und entzieht sich zuletzt den empfindlichsten Instrumenten. Im Allgemeinen ist sie in den Theilen der Oberfläche, die dem vertheilenden Körper abgewandt sind, viel schwächer, als in den zugewandten; jedoch wird der Unterschied bei zunehmender Entfernung beider Körper immer geringer. Die Rückwirkung des Leiters auf den vertheilenden Körper ist gröfser im nicht isolirten, als im isolirten Zustande, in welchem die in gleicher Menge vorhandenen, entgegengesetzten Elektricitäten ihre Wirkungen zum Theil aufheben. Wie man leicht einsieht, wird jedoch im letzten Falle die Wirkung der ungleichartigen Elektricität, wegen gröfserer Nähe, die Wirkung der gleichartigen überwiegen.

Was den vertheilenden Körper selbst betrifft, so sind auch hier zwei Fälle zu unterscheiden; man kann ihn nämlich als *Leiter* oder als *Nichtleiter* ansehen. Die elektrische Vertheilung soll hier unter diesen zwei Gesichtspunkten betrachtet werden.

Ich nehme zuerst an, dafs der vertheilende Körper ein vollkommener Nichtleiter sey, obgleich in der Wirklichkeit alle Körper, wenigstens auf der Oberfläche, mehr oder minder leitend sind. Weil in diesem Falle die nichtleitende

Eigenschaft des Körpers die Bewegung der elektrischen Flüssigkeiten verhindert, so wird deren Anordnung durch die Rückwirkung der Elektricität des Leiters nicht verändert, und die Verbreitung der durch die Vertheilung im isolirten Leiter erregten Elektricität, welche Form er auch immer haben möge, ist nur dem Gesetze unterworfen, dafs die Resultante der anziehenden und abstofsenden Wirkungen der elektrischen Molecule des Leiters, auf einen beliebigen in diesem befindlichen elektrischen Punkt, Gleichgewicht hält mit der Resultante der anziehenden oder abstofsenden Wirkungen der elektrischen Molecule des nichtleitenden Körpers auf denselben Punkt. Ist der Leiter nicht isolirt, so findet dasselbe Gesetz statt, aber in diesem Falle ist die leitende Masse unbegränzt, und je entfernter der Punkt gedacht wird, desto mehr nähern sich die beiden Resultanten der Null. Wird der Leiter durch einen dünnen und langen Draht, der im Vergleich mit dem Leiter selbst nur wenig Oberfläche darbietet, mit dem Erdboden verbunden, so kann man jedoch die geringe Menge der auf diesem angesammelten Elektricität übersehen, und die Resultante der elektrischen Wirkungen des Leiters mit der wahren Resultante als einerlei betrachten. Diefs ist vorzüglich dann erlaubt, wenn der Draht den Leiter auf der dem vertheilenden Körper abgewandten Fläche berührt, und möglichst fern von diesem geführt wird, denn unter solchen Umständen wird er nur sehr wenig Elektricität durch Vertheilung erhalten. Wird also der Draht entfernt, so verändert sich der elektrische Zustand des Leiters dadurch nur unmerklich. Wenn nachher von ableitender Berührung die Rede wird, setze ich immer voraus, dafs sie auf die eben erwähnte Weise bewerkstelligt werde.

Jetzt nehme ich an, dafs dem vertheilten Leiter, nach der ableitenden Berührung und wieder hergestellten Isolirung, einige Elektricität mitgetheilt werde, und stelle mir vor, dafs sie im Innern des Leiters verbreitet sey. Obigem Gesetze gemäfs, sind die Wirkungen der durch Vertheilung erregten Elektricität des Leiters, für alle Punkte

in diesem, in Gleichgewicht mit den Wirkungen der Elektricität des vertheilenden Körpers, und hieraus folgt, dafs die Theilchen der dem Leiter mitgetheilten Elektricität, von den schon in diesem vorhandenen elektrischen Kräften, als weder angezogen noch zurückgestofsen betrachtet werden können. Es geht also klar hervor, dafs jene, nur ihren eigenen abstofsenden Kräften folgend, sich auf die Oberfläche des Leiters begeben, und sich hier gerade so verbreiten müssen, als wenn dieser vorher nicht elektrisirt wäre. Wegen der nichtleitenden Eigenschaft des vertheilenden Körpers wird die Ausbreitung seiner Elektricität durch die dem Leiter mitgetheilte Elektricität nicht verändert, und die jener entgegenwirkende elektrische Schicht der Oberfläche des Leiters kann als unverändert bestehend betrachtet werden. Hieraus folgt, dafs die Dichtigkeit der Elektricität eines beliebigen Punktes der Oberfläche des Leiters, *nach* der Mittheilung, die algebraische Summe ist der Dichtigkeit der *vertheilten* Elektricität *vor* der Mittheilung, und der Dichtigkeit der *mitgetheilten* Elektricität, mit Bezug auf denselben Punkt, wenn sich diese im isolirten und neutralen Leiter aufser dem vertheilenden Einflusse verbreitet. Wenn die dem Leiter mitgetheilte Elektricität der Menge nach der durch Vertheilung in diesem erregten Elektricität gleich, der Art nach aber dieser entgegengesetzt ist, so wird der elektrische Zustand des Leiters gerade derselbe, als vor der ableitenden Berührung. Kennt man also die Verbreitung der vertheilten Elektricität im nicht isolirten Zustande des Leiters, und die Verbreitung der gleichen Menge von Elektricität im Leiter aufser dem vertheilenden Einflusse, so kann man leicht die Dichtigkeit der vertheilten Elektricität einer gegebenen Stelle des nicht ableitend berührten Leiters berechnen. Ist z. B. der vertheilte Leiter eine Kugel, so wird die elektrische Dichtigkeit einer jeden Stelle durch die mitgetheilte Elektricität um dieselbe Gröfse vermehrt oder vermindert. Uebrigens verstehet man hier leicht, dafs die *Mittheilung* der positiven Elektricität mit dem *Wegnehmen* der negativen übereinkommt, und umgekehrt.

Die von den Wirkungen der vertheilenden und vertheilten Elektricität unabhängige Verbreitung der mitgetheilten Elektricität im vertheilten Leiter kann vielleicht noch überzeugender von dem statischen Grundgesetz hergeleitet werden, dafs, wenn ein System von Kräften in Gleichgewicht ist, dieses noch bestehen wird, wenn ein anderes System von Kräften, das für sich in Gleichgewicht ist, jenem hinzugefügt wird. Wie vorher bemerkt worden, sind alle auf einen beliebigen Punkt im Innern des vertheilten Leiters wirkende elektrische Kräfte in Gleichgewicht. Fügt man also der elektrischen Schicht der Oberfläche des vertheilten Leiters eine andere elektrische Schicht zu, deren Wirkungen auf einen beliebigen Punkt im Innern des Leiters für sich in Gleichgewicht sind, so wird, obigem Gesetze zufolge, das Gleichgewicht nicht zerstört. Wird daher eine gewisse Menge von Elektricität dem vertheilten Leiter mitgetheilt, so mufs sie sich auf der Oberfläche genau so anordnen, als im nicht vertheilten Zustande, sonst würde das Gleichgewicht auf mehr als eine Weise möglich seyn.

Wenn der vertheilende Körper selbst die Elektricität leitet, so ist der Vertheilungsprozefs zusammengesetzter. Hier kommt nämlich die Rückwirkung der in dem vertheilten Leiter erweckten Elektricität in Betracht, und die Elektricitäten beider Leiter ordnen sich auf den Oberflächen dem Gesetze zufolge an, dafs die Resultante aller elektrischen Kräfte, die auf einen beliebigen Punkt, nicht nur in dem *vertheilten*, sondern auch in dem *vertheilenden* Leiter wirken, Null sey. Wenn in diesem Falle der elektrische Zustand des vertheilten Leiters verändert wird, verändert sich sogleich die Anordnung der Elektricität in dem vertheilenden. Wird dem vertheilten Leiter, nach der ableitenden Berührung und wieder hergestellten Isolirung, eine gewisse Menge Elektricität mitgetheilt, so verbreitet sich diese zwar auch unabhängig von den schon vorhandenen elektrischen Kräften auf der Oberfläche, weil aber die mitgetheilte Elektricität die Anordnung der Elektricität im vertheilenden

Leiter verändert, so wird auch die dieser entgegenwirkende elektrische Schicht in dem vertheilten verändert, und die wirkliche elektrische Dichtigkeit einer Stelle der Oberfläche desselben, nach der Mittheilung, kann auf die vorher angezeigte Weise nicht bestimmt werden. Jedoch kann man diesen Fall auf den vorigen zurückbringen, wenn man sich den elektrischen Zustand des vertheilenden Leiters als bleibend denkt; und dann wird die Dichtigkeit der Elektricität einer jeden Stelle der Oberfläche des vertheilten Leiters die algebraische Summe der Dichtigkeit nach der ableitenden Berührung, und der Dichtigkeit der abgeleiteten Elektricität, mit Bezug auf dieselbe Stelle, wenn sich diese aufser dem vertheilenden Einflusse im Leiter verbreitet. Dafs Gleichgewicht in diesem Falle nicht bestehen kann, wenn der Oberfläche des vertheilten Leiters eine gewisse Menge Elektricität hinzugefügt wird, die auf dieselbe Weise, wie im nicht vertheilten Zustande, verbreitet ist, erhellt auch daraus, dafs diese Elektricität nur für die Punkte des vertheilten Leiters im Gleichgewicht ist, die vertheilende aber und vertheilte für die Punkte beider Leiter einander das Gleichgewicht halten.

Aus dem Vorhergehenden erhellt also, dafs man die elektrische Schicht der Oberfläche des vertheilten und isolirten Leiters, diese mag vor der Annäherung an den vertheilenden Körper elektrisirt seyn oder nicht, als aus zwei elektrischen Schichten zusammengesetzt betrachten kann, wovon die eine Schicht mit derjenigen eins ist, die nach der ableitenden Berührung zurückbleiben würde, wenn der elektrische Zustand des vertheilenden Körpers bleibend wäre, und in jedem Punkte im Leiter die Wirkung der vertheilenden Elektricität aufhebt. Die andere Schicht aber ist so beschaffen, dafs sie schon an und für sich keine Wirkung im Innern des Leiters hervorbringt. Diese Elektricität, weil sie, ihren eigenen abstofsenden Kräften zufolge, sich frei auf der Oberfläche des Leiters verbreitet, und sogleich verschwindet, wenn die Isolirung aufgehoben wird, will ich die *freie* Elektricität des Leiters nennen, jene aber,

die immer mit der Elektricität des vertheilenden Körpers ungleichartig ist, weil sie von dieser gleichwie gefesselt ist und nur unvollkommen abgeleitet werden kann, nenne ich seine *gebundene* Elektricität.

Auf diese Weise scheinen mir die Begriffe freie und gebundene Elektricität so festgestellt zu seyn, dafs kaum eine Zweideutigkeit mehr entstehen kann. Eigentlich existiren die freien und gebundenen Elektricitäten eines isolirten und vertheilten Leiters nur in dem Gedanken, denn in der Wirklichkeit mischen sie sich mit einander, und die Versuche mit der Probescheibe geben nur die wirkliche Dichtigkeit der Elektricität einer gegebenen Stelle des Leiters an. Man kann beide hier in Frage stehende Elektricitäten immer durch die Zerlegung der elektrischen Null in zwei gleich grofse, aber entgegengesetzte Elektricitätsmengen hervorgebracht ansehen. Man nenne die Elektricität eines gewissen Punktes der Oberfläche des vertheilten Leiters e. Man denke sich ferner den elektrischen Zustand des vertheilenden Körpers unveränderlich, und nenne g die Elektricität desselben Punktes, die nach der ableitenden Berührung noch bestehet. Wenn man jetzt die elektrische Null im Gedanken in die zwei gleich grofsen, aber entgegengesetzten Elektricitäten g und $-g$ zerlegt, und diese der vorigen Elektricität e hinzufügt, wie in der Mechanik mit Kräften gewöhnlich ist, so wird offenbar die elektrische Wirkung des Punktes dieselbe als vorher seyn. Man setze $e-g=f$, so wird $e=f+g$. Hier ist f die freie und g die gebundene Elektricität des gedachten Punktes der Oberfläche. In der Indifferenzlinie selbst hat man also $f=-g$.

Wenn der isolirte Leiter vor der Annäherung an den vertheilenden Körper nicht elektrisirt ist, so sind die freien und gebundenen Elektricitäten der Menge nach noch einander gleich, der Art nach aber entgegengesetzt. Die freie Elektricität gehört aber nicht nur den entfernteren Theilen des Leiters, sondern ist über die ganze Oberfläche verbreitet. Durch die ableitende Berührung verschwindet sie ganz. Es läfst sich jedoch voraussehen, dafs sich diefs bei der

Ableitung durch die Luft anders verhalte, denn wo keine Ausströmung der Elektricität statt findet, entziehen die leitenden Theile der Luft, wie eine isolirte Probescheibe, ohne Unterschied Elektricität von den gleichartig und ungleichartig elektrisirten Stellen, und der elektrische Zustand des Leiters kann dadurch nur wenig verändert werden, wenn beide Elektricitäten in gleicher Menge vorhanden sind. Auch die gebundene Elektricität scheint über die ganze Fläche des Leiters verbreitet zu seyn, sonst würde wohl nach der ableitenden Berührung eine Indifferenzlinie, und über diese hinaus gleichartige Elektricität vorhanden seyn, welches gegen die Erfahrung streitet. Jedoch ist die gebundene Elektricität an gewissen Stellen der abgewandten Fläche gewöhnlich sehr schwach und kaum bemerklich. Die dem Anscheine nach sehr verwickelten Erscheinungen der Vertheilung der isolirten Leiter haben alle ihren Grund in der sehr verschiedenen Verbreitung der freien und gebundenen Elektricitäten auf der Oberfläche. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs die gebundene Elektricität, ebenso wie die freie, anziehend und abstofsend wirke. Selbst das Fortleitungsvermögen vermifst sie nicht ausschliefsend. Schon der Umstand, dafs sie sich auf der Oberfläche des Leiters ansammelt, deutet darauf hin, dafs sie eine Neigung hat zum Ausweichen, und wirklich ausweichen würde, wenn diefs nicht der Widerstand der Luft verhinderte. Sie geht auch zum Theil zu isolirten Leitern und leitenden Theilen der Luft über, doch kann dieser Verlust nicht in Betracht kommen, denn das verlorene wird durch Zersetzung der natürlichen Elektricitäten des Leiters, oder im nicht isolirten Zustande von dem Erdboden sogleich wieder ersetzt.

Wie oben bemerkt worden, geben die Versuche mit der Probescheibe nur die wirkliche Dichtigkeit der Elektricität einer Stelle der Oberfläche des vertheilten Leiters an. Weil aber die gebundene Elektricität an einem gewissen Ort der abgewandten Fläche gewöhnlich sehr schwach ist, so wird die Probescheibe, hier angebracht, ziemlich genau die Menge der freien Elektricität dieser Stelle messen.

Wird der Leiter durch einen dünnen Draht mit einem Elektroskop vereinigt, welches in solcher Entfernung steht, daſs keine bemerkbare Menge von Elektricität in ihm gebunden wird, so giebt es die freie Elektricität des Leiters an, wenn dieser dem vertheilenden Körper isolirt genähert wird. Sie wird daher auch *elektroskopische Kraft* genannt.

Wenn ein vollkommener Nichtleiter, elektrisirt oder nicht, in die Nähe eines elektrisirten Körpers gebracht wird, so verändert sich begreiflicher Weise sein elektrischer Zustand nicht; man kann jedoch im Gedanken dieselbe Theilung der elektrischen Schicht seiner Oberfläche in die freie und gebundene vornehmen. Die gebundene Schicht, welche der vertheilenden Elektricität für jeden Punkt im Nichtleiter das Gleichgewicht hält, ist mit derjenigen eins, welche nach der ableitenden Berührung zurückbleiben würde, wenn der Körper leitend wäre. Die freie Elektricität eines jeden Punktes der Oberfläche ist durch die Gleichung $e = f + g$ bestimmt. Ist der Nichtleiter nicht elektrisirt, wird immer $e = 0$, und $f = -g$, oder die freien und gebundenen Elektricitäten sind in jedem Punkte gleich groſs, aber entgegengesetzt, wie an sich klar ist. In der Wirklichkeit scheint es jedoch kaum einen Körper zu geben, dessen Oberfläche in dem Grade nicht leitend wäre, daſs die Wirkung der vertheilenden Elektricität ganz unmerklich sey.

Wie oben bemerkt worden, wirkt der vertheilte Leiter zurück auf den vertheilenden Körper, selbst wenn jener isolirt und nicht elektrisirt diesem genähert wird, und verändert seinen elektrischen Zustand, wenn er ein Leiter ist. Die elektrische Schicht der Oberfläche desselben zerfällt also in die freie und gebundene, wenn man den vertheilten Leiter als den vertheilenden ansieht, und alles was vorher in Betreff dieses Gegenstandes geäuſsert worden, gilt auch hier. Wird der eigentlich vertheilte Leiter ableitend berührt, so bindet er oft einen bedeutenden Theil von der Elektricität des vertheilten Körpers zurück, jedoch kann diese Rückwirkung niemals so weit gehen, daſs alle Elek-

tricität in diesem gebunden werde, und er zeigt daher, selbst wenn er ein Leiter ist, in allen Punkten seiner Oberfläche gleichartige Elektricität. Sind beide Körper Leiter, so werden ihre Elektricitätsmengen durch abwechselnde Berührungen nach und nach vermindert, denn der Ueberschufs eines jeden von freier Elektricität verschwindet bei der Berührung in dem Erdboden.

Wenn die vertheilend auf einander einwirkenden Körper *drei* an der Zahl sind, so ist, wenn sie alle die Elektricität leiten, für das Gleichgewicht nothwendig, dafs die Resultante der Wirkungen aller drei elektrischen Schichten ihrer Oberfläche auf einen beliebigen Punkt im Innern eines jeden von ihnen Null sey. Je nach den Umständen kann man hier nur den einen von den Körpern als den vertheilenden, oder zwei von ihnen als vertheilend ansehen. Eigentlich aber ist ein jeder der vertheilenden Wirkung der beiden übrigen ausgesetzt.

Nennt man die drei Körper A, B, C, und nimmt A und B als nichtleitend und elektrisirt, C aber als leitend und neutral an, so wirken jene zugleich vertheilend auf C, und die vertheilte Elektricität ordnet sich auf dessen Oberfläche dem Gesetze zufolge an, dafs die Gesammtwirkung der elektrischen Schichten aller drei Oberflächen auf einen Punkt in C Null sey. Auf eben die Weise, wie bei nur zwei Körpern, kann auch hier bewiesen werden, dafs einige dem C, nach der ableitenden Berührung und wieder hergestellten Isolirung, mitgetheilte Elektricität sich auf der Oberfläche, von den schon in den Körpern vorhandenen Elektricitäten unabhängig, verbreite, während die durch Vertheilung in C erweckte Elektricität als unverändert betrachtet werden kann. Die freie Elektricität in C ist also diejenige, die durch die ableitende Berührung in dem Erdboden verschwindet, und die gebundene diejenige, die nicht abgeleitet wird. Es kann bewiesen werden, dafs die in C gebundene Elektricitätsmenge die Summe (algebraische) der Elektricitätsmengen ist, die A und B jede für sich in C binden. Denn gesetzt, dafs B entfernt worden, während C mit dem

Erdboden verbunden ist, so sind sämmtliche Kräfte, die von den elektrischen Schichten in *A* und *C*, mit Inbegriff der geringen Elektricitätsmenge in dem ableitenden Drahte, herrühren, und auf einem beliebigen Punkte in *C* oder im Drahte wirken, im Gleichgewicht. Wird *B* auf die vorige Stelle gebracht und *A* entfernt, so sind sämmtliche aus den elektrischen Schichten in *B*, *C* und in dem ableitenden Drahte hervorgehende und an denselben Punkten wie vorher wirkende Kräfte in Gleichgewicht. Fügt man also diese Kräfte zu den vorigen, oder was damit einerlei ist, legt die beiden elektrischen Schichten zusammen, die *A* und *B* jede für sich in *C* und im Drahte binden, und denkt sich *A* an seine vorige Stelle gebracht, so wird offenbar noch Gleichgewicht bestehen, und keine Elektricität kann durch den Draht abfliefsen. Sind *A* und *B* Leiter, so besteht der vorige Satz noch, aber nur für den elektrischen Zustand von *A* und *B*, der durch ihre Stellung gegen einander und gegen *C* bedingt ist, denn alle drei Leiter wirken vertheilend auf einander, und nach Entfernung des einen von *A* und *B*, verändert sich sogleich der elektrische Zustand des zurückbleibenden, und die Menge von Elektricität, die diese in *C* bindet, verändert sich auch. Hier ist nämlich die gebundene Elektricität in *C* diejenige, die durch die ableitende Berührung nicht verschwinden würde, wenn der elektrische Zustand von *A* und *B* constant wäre.

Wenn *A* allein elektrisirt ist, *B* und *C* aber Leiter sind, die isolirt und neutral diesem genähert werden, so ist jenes eigentlich der vertheilende Körper; weil aber diese auf einander und auf *A* einwirken, so wird die Elektricität in ihnen anders vertheilt, als wenn jeder für sich der vertheilenden Wirkung ausgesetzt wäre. Wird der eine, *B*, von den vertheilten Leitern ableitend berührt, so verschwindet in ihm alle freie Elektricität, und die gebundene, die mit der Elektricität in *A* ungleichartig ist, wirkt allein auf *C*, und schwächt oft bedeutend die Wirkung von *A* auf *C*. Wird nachher *C* ableitend berührt, so verschwindet freie gleichartige Elektricität, und nur eine Menge gebundener

ungleichartiger bleibt zurück; die dem Unterschiede der von A und B gebundenen Elektricitäten gleich ist. Nachdem alle freie Elektricität in C entfernt worden, hebt die gebundene noch mehr die Wirkung von A und B auf, und ein Theil von der in diesem gebundenen Elektricität wird frei. Wird B von neuem ableitend berührt, verschwindet also ein Theil ungleichartige Elektricität, und die zurückbleibende bindet weniger Elektricität in C. Wird C wieder ableitend berührt, verschwindet also gleichartige Elektricität, und die ungleichartige gebundene bindet mehr gleichartige Elektricität in B, und ungleichartige wird in Freiheit gesetzt. Durch abwechselnde Berührungen von B und C werden daher in jenem ungleichartige und in diesem gleichartige Elektricität in Freiheit gesetzt. Wenn C zuerst berührt wird, findet das Umgekehrte statt.

Ein besonderer hierher gehöriger Fall verdient eine nähere Erwägung. Dieser Fall tritt ein, wenn der eine Leiter B mit der Erde in Verbindung steht, oder nur ableitend berührt worden, während der andere C hinter dem B so gestellt ist, dafs die geradlinigen Wirkungen der elektrischen Theilchen in A auf C alle durch die Masse von B gehen, oder wie sich Fechner ausdrückt, wenn C in dem elektrischen Schatten von B steht. Hier wirken die entgegengesetzten Elektricitäten in A und B beide nach derselben Seite auf C, und zwar die stärkere in A in gröfserer, die schwächere in B in kleinerer Entfernung. Es wird daher nicht so leicht einleuchten, welche von den beiden Wirkungen die überwiegende sey. In der That ist auch die vertheilende Wirkung in C so klein, dafs sie von vielen ganz geläugnet, oder andern Ursachen zugeschrieben worden. Es ist schon längst bekannt, dafs eine geladene Leidner Flasche, am äufsern Beleg, dem unbelegten Rande nicht zu nahe, keine oder nur sehr schwache elektrische Wirkung auf ein empfindliches Elektroskop äufsere. Man hat daraus gefolgert, dafs die gebundene Elektricität der Aufsenseite ihre vorigen Eigenschaften verloren habe, und weder anziehe noch zurückstofse. Nachdem diese Ansicht durch

die Veruche von Ohm und Riefs widerlegt schien, hat Knochenhauer (Ann. Bd. XLVII, S. 444) die ältere Meinung wieder zu vertheidigen versucht. Er spannte über einen elektrisirten Harzkuchen in beliebigen Abständen ein Stanniolblatt aus, und nahm seine freie negative Elektricität weg. Wenn er diesen Apparat von unten her zweien an leinenen Fäden aufgehängten Kügelchen von Sonnenblumenmark näherte, so wurden sie in keiner Entfernung zur Divergenz gebracht. Er schliefst daraus, *erstens*, dafs wenn zwei entgegengesetzte Elektricitäten sich je nach ihrer Distanz vollständig binden, sie alle Wirkung nach aufsen verlieren, und allein in Beziehung auf einander stehen, die vorzüglich als gegenseitige Anziehung sich äufsert; *zweitens*, dafs der Ueberschufs von freier Elektricität, der sich auf der einen Seite findet und nach aufsen wirkt, seine Wirkungssphäre nach der zweiten Fläche zu, auf der nur gebundene Elektricität vorhanden ist, nicht über dieselbe hinausstrecke. Fechner hat (Ann. Bd. LI, S. 321) diesen Gegenstand einer genauen und umständlichen Prüfung unterworfen, und behauptet, Knochenhauer's Erfahrungen zuwider, dafs eine überwiegende Wirkung der vertheilenden Elektricität über die vertheilte oder gebundene für den fraglichen Fall stattfindet. Später ist auch Petrina (Ann. Bd. LXI, S. 116) auf diesem Felde aufgetreten. Er läugnet zwar nicht die Richtigkeit von Fechner's Versuchen, schreibt aber den Erfolg der durch Vertheilung elektrisirten Luft zu.

Ich selbst habe die hauptsächlichsten von Fechner's Versuchen wiederholt, und zwar mit so übereinstimmendem Resultate, dafs für mich kein Zweifel über ihre Genauigkeit obwalten kann. Jedoch bemerkte ich einen Umstand, welcher, wenn man darauf nicht aufmerksam ist, leicht zu Täuschungen Anlafs geben kann. Bei einigen meiner Versuche stellte ich nämlich einen metallenen Schirm vertical auf den Tisch, und in geringe Entfernung davon eine ziemlich stark positiv geladene Leidener Flasche, in solcher Höhe, dafs die Kugel ungefähr einen Zoll tiefer war, als der obere

Rand des Schirmes. Wurde jetzt ein Goldblattelektrometer hinter den Schirm in gleicher Höhe mit der Kugel der Flasche gebracht, so divergirten die Goldblätter schwach mit positiver Elektricität; bald aber bemerkte ich, dafs sie auf einmal stärker aus einander gingen, und sogar gegen die Wände anschlugen und dann von neuem divergirten. Die Divergenz verminderte sich nicht, wenn das Elektrometer von dem Schirme und der Flasche entfernt wurde, woraus also erhellt, dafs es durch wirkliche Mittheilung elektrisirt wurde. Die Mittheilung fand noch statt, wenn sowohl die Flasche, als das Elektrometer bedeutend tiefer, obgleich dem Schirme näher gestellt wurde. Ich überzeugte mich bald, dafs die ganze Erscheinung von Staub herrührte, der sich auf die Kugel setzte, und als sehr feine Spitzen wirkte; denn durch Drehung der Flasche hörte jene Erscheinung gewöhnlich auf. Bisweilen waren die Staubtheilchen sogar sichtbar. Eine solche Mittheilung in geradliniger Richtung durch den Schirm ist aber unmöglich, und man ist daher genöthigt anzunehmen, dafs die Elektricität der Flasche in bedeutend gekrümmten Linien über den Rand des Schirmes zum Elektrometer geht. Man kann diese Erscheinung nach Belieben hervorbringen, wenn man etwas Baumwolle an der Kugel der Flasche befestigt, und es ist merkwürdig zu sehen, wie die Elektricität in Entfernungen von mehreren Schuhen, bei starken Ladungen, in das Elektrometer übergeht. Setzt man aber diese Versuche einige Zeit fort, so erhält die Luft im Zimmer eine bedeutende Menge Elektricität, und alle Vertheilungsversuche werden unsicher.

Obgleich letzterwähnte Versuche beweisen, dafs die Luft sich nicht immer als passiver Zwischenkörper bei den Vertheilungsversuchen verhält, so kann ich doch nicht der Meinung beistimmen, dafs die schwachen elektrischen Wirkungen, welche im elektrischen Schatten stattfinden, wenn sie rein auf Vertheilung beruhen und die Versuche mit Sorgfalt angestellt worden, von der Elektrisirung der Luft herrühren. Petrina nimmt an, wenn ich ihn recht verstanden, dafs die Luft an der Grenze des elektrischen Schattens

durch Vertheilung elektrisch werde, und von da die vertheilende Wirkung in dem Schatten selbst verbreite. Ich gestehe, dafs ich die Möglichkeit einer solchen vertheilenden Wirkung der Luft nicht einsehen kann. Die Luft, besonders die trockne, ist ein guter Nichtleiter und widersteht der vertheilenden Wirkung elektrisirter Körper; gesetzt aber auch, dafs eine Trennung der natürlichen Elektricitäten der Luft wirklich stattfände, so würden die abwechselnd positiven und negativen Lufttheilchen ihre Wirkungen auf die Körper im elektrischen Schatten aufheben; wenigstens ist kein Grund vorhanden, warum die mit der Elektricität des vertheilenden Körpers gleichartige Elektricität immer überwiegen sollte. Es giebt auch Versuche, die mit der Ansicht Petrina's gar nicht im Einklange sind. Ich elektrisirte einen Elektrophor, dessen Harzkuchen in eine metallene Form gegossen war, stark mit einer geladenen Leidener Flasche, und isolirte ihn mit der Rückseite nach oben. Wurde dann der Deckel in verschiedenen Höhen über der Form gehalten und berührt, während diese mit dem Boden communicirte, fand ich jenen, an ein Goldblattelektrometer gebracht, so stark elektrisirt, dafs die Goldblättchen bisweilen zwei volle Linien mit der entgegengesetzten Elektricität des Kuchens divergirten. Eine entschiedene, jedoch schwächere Wirkung erfolgte auch am Säulenelektrometer, wenn der Rand der Form durch einen metallenen Ring von einen Zoll Breite verlängert wurde, obgleich hier der der vertheilenden Wirkung ausgesetzte Luftcylinder oder Luftkegel ganz nach unten gekehrt war.

Wollte man dagegen annehmen, dafs die Luft durch Mittheilung elektrisirt werde, und dann vertheilend auf leitende Körper im elektrischen Schatten wirke, so scheint mir diese Annahme nicht besser begründet, denn in diesem Falle würde die Divergenz der Goldblätter und die vertheilende Wirkung überhaupt eine Weile fortdauern, nachdem der vertheilende Körper entfernt worden. Diefs ist aber keineswegs der Fall, wenn nur keine wirkliche Mittheilung erfolgt.

Die Vertheilungsversuche, wovon hier die Rede ist, wur-

den von Fechner, und auch von mir selbst, gewöhnlich so angestellt, daſs eine Probescheibe im elektrischen Schatten des mit dem Boden communicirenden Leiters ableitend berührt, und nachher isolirt an ein Elektroskop gebracht wurde. Eine Bemerkung von Wichtigkeit bei diesem Verfahren kann ich hier nicht verschweigen. Sobald nämlich die Probescheibe mit dem Finger oder einem andern Leiter berührt wird, communicirt sie durch den leitenden Boden mit dem Leiter, worauf der vertheilende Körper unmittelbar einwirkt, und beide gehören nur einem einzigen System von Leitern an. Als ich mich mit diesen Versuchen zu beschäftigen anfing, bemerkte ich bald, daſs eine Probescheibe, die, auf die Rückseite des Leiters gebracht, nur unvollkommen anschlieſst, eben so viel Elektricität aufnimmt, als eine andere gleich groſse Probescheibe, die genauer anschlieſst. Später stellte ich folgenden Versuch an:

Eine Holztafel, 9 Zoll breit und 3 Linien dick, wurde auf beiden Seiten mit Stanniol belegt, und so auf einen Tisch horizontal gelegt, daſs 10 Zoll von der Länge über die Kante des Tisches frei hervorragte. Unter der Tafel wurde eine mäſsig stark positiv geladene und vorher erwärmte Leidener Flasche von $\frac{1}{4}$ Quadratfuſs Belegung so aufgestellt, daſs die Kugel von der unteren Fläche der Tafel $\frac{1}{2}$ Zoll, und von der Verticalebene des vorderen Randes so viel entfernt war, daſs der parallelepipedische Raum über der Tafel im elektrischen Schatten der ganzen Flasche war. Eine runde Scheibe von Weiſsblech, 1 Zoll 10 Linien im Durchmesser, auf einem langen Stiel von Gummilack isolirt, wurde auf die obere Fläche der Tafel, der Kugel gegenüber, so gelegt, daſs sie den Rand nicht völlig erreichte, und gleich darauf aufgehoben. Ihre Elektricität fand ich, wie zu erwarten war, negativ, und so stark, daſs das Säulenelektrometer zum Anschlagen gebracht wurde, und selbst die Goldblätter des Bennet'schen Elektroskops schwach divergirten. Eine andere kleinere Probescheibe, 7 Linien im Durchmesser, auf die eben untersuchte Fläche, dem Rande der Tafel ziemlich nahe, gelegt, gab einen Aus-

schlag am Säulenelektrometer von einer Linie. Nachher wurde durch ein Loch in der Mitte der gröfseren Probescheibe ein metallener Stift, welcher 5 Linien hervorragte, geführt, und die Scheibe der vorher untersuchten Stelle bis zur Berührung des Stiftes parallel genähert. Nach Aufhebung der Scheibe fand ich sie eben so stark, oder sogar stärker elektrisirt, als im vorigen Falle. Nachdem die Scheibe wieder auf ihre Stelle gebracht war, untersuchte ich mit der kleineren Probescheibe die unter jener Scheibe befindliche Fläche der Tafel, fand sie aber nicht merkbar elektrisirt, obgleich die benachbarten Stellen unzweideutige Zeichen von Elektricität gaben. Hieraus ist also klar, dafs die Elektricität der untenliegenden Fläche durch den Stift in die Scheibe übergegangen war. Der Stift wurde wieder herausgenommen, und die Scheibe auf dieselbe Stelle, in gleicher Höhe (5 Linien) über die Tafel, gebracht und mit einem Drahte berührt. Durch die Probe mit der kleineren Probescheibe fand ich in der Fläche der Tafel unter der gröfsern Scheibe keine Spur von Elektricität, und diese Scheibe war, so weit ich bestimmen konnte, in eben dem Grade elektrisirt, wie im vorigen Falle. Wurde der ganze Versuch nur mit dem Unterschiede wiederholt, dafs beide Probescheiben entfernter vom Rande, etwa über die Mitte des hervorragenden Theils der Tafel, gebracht wurden, so blieb aller Erfolg aus, sowohl bei wirklicher Berührung, als in dem Abstande von 5 Linien. Jedoch wurde die Wirkung in gröfseren Entfernungen merkbar.

Der Erfolg dieses Versuches war mir nicht überraschend. Es war nämlich leicht vorauszusehen, *erstens*, dafs die gebundene Elektricität der unter der Scheibe befindlichen Fläche der Tafel, vermöge ihrer repulsiven Kraft, durch den Stift in die Scheibe übergehen würde, und *zweitens*, dafs das Resultat ziemlich dasselbe sey, wenn die Probescheibe entweder durch den Stift *unmittelbar* oder *mittelbar* durch einen in der Hand gehaltenen Draht mit der Tafel communicirt, wenn nur ihre Stellung gegen die Tafel und den elektrisirten Körper in beiden Fällen dieselbe ist.

Nach dieser Ansicht reducirt sich also die Streitfrage, wo von hier die Rede ist, darauf, zu untersuchen, ob in den Theilen der Oberfläche eines der vertheilenden Wirkung ausgesetzten, nicht isolirten Leiters, die in dem elektrischen Schatten liegen, sich Elektricität ansammele. Daſs aber dieſs wirklich der Fall ist, wird wohl kaum von jemand in Abrede gestellt werden können. Der Erfahrung nach ist diese Elektricität immer der Elektricität des vertheilenden Körpers entgegengesetzt, und daraus erklärt sich, warum eine im elektrischen Schatten gebrachte und ableitend berührte Probescheibe stets eine überwiegende Wirkung der vertheilenden Elektricität über die durch Vertheilung erregte zu erkennen giebt. Durch den Erfolg des eben beschriebenen Versuchs erklärt sich auch, warum die Probescheibe gerade über den Theilen der Hinterfläche des Leiters, wo die vertheilte Elektricität am merkbarsten ist, die stärkste elektrische Wirkung angiebt, denn man kann sich vorstellen, daſs die Elektricität durch den leitenden Draht in die Probescheibe übergeht, und ganz oder zum Theil von den unterliegenden Stellen verschwindet. Die gebundene Elektricität folgt immer in ihrer Ausbreitung der Oberfläche des Leiters, geht aber nicht durch die Masse. Wenn also eine elektrisirte Kugel einer leitenden und nicht isolirten Scheibe gegenüber gestellt wird, so wird die in dieser durch Vertheilung erregte Elektricität gerade in der Mitte der Vorderfläche am stärksten seyn. Von da nimmt sie gegen den Umkreis ab, und geht, wenn die Scheibe nicht zu groſs ist, über auf die Hinterfläche und wird hier immer schwächer gegen die Mitte. Wenn aber die Scheibe gröſser ist, so wird die Elektricität schon auf der Vorderfläche in einiger Entfernung von dem Rande sehr schwach, und ganz unmerklich auf der Hinterfläche. Wird daher ein Leiter hinter die Scheibe in nicht zu groſser Entfernung gebracht, und mit dieser leitend verbunden, so erhält er keine bemerkbare Elektricität, oder mit andern Worten, die vertheilende Wirkung auf den Leiter wird durch die Scheibe fast ganz aufgehoben. Das eben Angeführte gilt noch mehr,

wenn die hintere Fläche des Leiters einen geschlossenen Raum bildet, wie z. B. mit einer hohlen Kugel der Fall ist, denn die gebundene Elektricität sammelt sich nur auf der Aufsenseite, und daher wird ein sehr empfindliches Elektroskop gar nicht afficirt von einer in einem benachbarten Zimmer in Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine. Diefs ist aber nur eine Betrachtungsweise; denn es leuchtet ein, dafs, wenn die Wirkung Null ist für jeden Punkt im Innern einer vertheilten soliden Kugel, dasselbe bei einer hohlen der Fall seyn mufs.

Wenn, gleich vor der Berührung des in den elektrischen Schatten gestellten leitenden Körpers, die leitende Verbindung des vertheilten Leiters mit dem Boden aufgehoben wird, so ist der Erfolg fast derselbe, wenn nur jene, im Vergleich mit dem Leiter selbst, sehr klein ist. Ich überzeugte mich speciell, dafs die Probescheibe bei beiden Arten der Berührung fast dieselbe Menge von Elektricität erhielt, vorausgesetzt dafs ihre Stellung gegen die Oberfläche des Leiters in beiden Fällen dieselbe war. Anders verhält sich die Sache, wenn man mit Scheiben experimentirt, und die in den elektrischen Schatten gebrachte Scheibe nicht bedeutend kleiner ist, als die unmittelbar vertheilte Scheibe. In diesem Falle erhält jene bei kleinen Entfernungen weit weniger Elektricität, wenn sie erst nach der wiederhergestellten Isolirung der vertheilten Scheibe berührt wird. Bei gröfseren Entfernungen verschwindet der Unterschied fast gänzlich. Ich werde unten auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Obgleich nicht in Abrede gestellt werden kann, dafs ein in den elektrischen Schatten eines nicht isolirten Leiters gebrachter Körper wirklich durch Vertheilung elektrisirt wird, so ist doch die Wirkung in der That sehr schwach und in vielen Fällen unmerklich. Nennt man also, wie vorher, den vertheilenden Körper A, den ableitend berührten Leiter B, und den im elektrischen Schatten befindlichen Körper C, so wird man sich überhaupt nicht viel von der Wahrheit entfernen, wenn man annimmt, dafs in C weder

elektrische Anziehung noch Zurückstofsung stattfindet. Dem Anscheine nach hat also die in *B* gebundene Elektricität ihre Wirkung nach Aufsen beinahe verloren, obgleich sie nur von der stärker wirkenden Elektricität in *A* compensirt ist. Wird dem *B*, nach wiederhergestellter Isolirung, einige Elektricität mitgetheilt, so zerfällt die elektrische Schicht seiner Oberfläche in die freie und gebundene. Weil aber die Resultante der elektrischen Wirkungen der gebundenen Schicht, auf einem Punkt im elektrischen Schatten, beinahe in Gleichgewicht ist mit der Resultante der Wirkungen der Elektricität in *A* auf demselben Punkt, so kann man dieses System von Kräften wegdenken, und nur die freie Elektricität in *B* als die wirkende betrachten. Wenn daher von keiner grofsen Genauigkeit die Rede ist, kann man sich vorstellen, dafs die elektrische Wirkung von *A* sich nur bis auf *B* erstreckt, und dafs *B* nur durch seine freie Elektricität auf die Körper in dem elektrischen Schatten von *B* wirkt. Ebenso kann man sich vorstellen, als erstreckte sich die Wirkung von der Elektricität in *B*, nach der andern Seite hin, nur bis auf *A*, und dafs dieser nur durch die Elektricität, die von *B* nicht gebunden wird, auf die Körper in dem elektrischen Schatten von *A* wirkte. Hieraus sieht man also schon ein, dafs die Theilung der elektrischen Schichten der Oberfläche der Körper, die vertheilend auf einander einwirken, in freie und gebundene, wie oben gezeigt worden, obgleich sie nur eine gedachte ist, doch in den Fällen, wo eine genauere Methode nicht anwendbar ist, mit Vortheil benutzt werden kann, um die elektrischen Erscheinungen zu übersehen und die Erklärungen zu erleichtern.

Bisher ist nur von Körpern und Leitern im Allgemeinen gesprochen, ohne ihnen eine bestimmte Form beizulegen. In dem Folgenden nehme ich an, dafs die vertheilend auf einander wirkenden Körper dünne, kreisrunde, leitende und gleich grofse Scheiben seyen, die in einer parallelen Lage einander gegenüber so gestellt werden, dafs ihre Mittelpunkte in dieselbe gerade Linie, die auf ihrer Oberfläche

senk-

senkrecht ist, fallen. Auch setze ich voraus, dafs die Scheiben in gehörigem Abstande von benachbarten Körpern isolirt sind.

Zuerst wird hier der Fall betrachtet, in welchem der Scheiben nur zwei sind, die ich *A* und *B* nennen will.

Wenn man einer der Scheiben, z. B. *A*, einige Elektricität mittheilt, und die andere *B*, durch einen dünnen Draht mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, der *A* genähert wird, so nimmt die Menge der gebundenen ungleichartigen Elektricität in *B* zu, und nähert sich, der Erfahrung nach, immer mehr der Menge von Elektricität in *A*. Wird umgekehrt *B* von *A* entfernt, so nimmt die gebundene Elektricitätsmenge in *B* nach und nach ab und nähert sich der Null. Aber nicht nur die Menge, sondern auch die Verbreitung der gebundenen Elektricität ändert sich mit der Entfernung. Je näher *B* der *A* gebracht wird, desto mehr häuft sie sich in der der *A* zugekehrten Fläche an, und die Menge der Elektricität der abgekehrten wird immer kleiner. Bei gröfseren Entfernungen wird diese Verschiedenheit weniger auffallend, und die Elektricitätsmengen der beiden Flächen nähern sich nach und nach der Gleichheit. Man sieht diefs am besten, wenn man die Scheibe *B* doppelt nimmt, und beide Scheiben, nach wieder hergestellter Isolirung, in der gegebenen Entfernung von einander trennt. Untersucht man mit der Probeplatte die Elektricität an verschiedenen Stellen von *B*, so wird man sie auf der Vorderfläche ziemlich gleichmäfsig verbreitet, und nur bei gröfsern Abständen merklich dichter am Rande als in der Mitte finden. Die Elektricität der Hinterfläche ist dagegen immer am merkbarsten am Rande, und in der Mitte fast Null. Wie vorher bemerkt worden, bindet nicht nur *A* Elektricität in *B*, sondern *B* bindet zurück einen Theil von der Elektricität in *A*. Diese gebundene Elektricität vertheilt sich auf der Vorderfläche von *A* gleichmäfsiger, als die zurückbleibende freie, und daher wird das Ueberwiegen der Elektricität des Randes über die der Mitte immer geringer, je kleiner der Abstand ist. Bei Scheiben von 6 Zoll Durch-

messer fand ich den Unterschied schon in der Entfernung von einem Zolle ziemlich unbedeutend. Auf der Rückseite der Scheibe *A* ist die Elektricität gröſstentheils frei, und häuft sich daher am Rande immer mehr an, als in der Mitte.

Wenn *B* im isolirten und neutralen Zustande der Scheibe *A* genähert wird, so ist die ungleichartige Elektricität in der Mitte der vorderen Fläche am dichtesten. Von da breitet sie sich immer abnehmend über die ganze Fläche aus, wenn man nur einen schmalen Ring nahe beim Rande ausnimmt, der gleichartig elektrisirt ist. Diese gleichartige Elektricität rückt der Mitte etwas näher bei gröſsern Entfernungen, ist aber immer sehr schwach. Auf der hinteren Fläche giebt die Probeplatte nur gleichartige Elektricität an, und zwar am Rande am stärksten und abnehmend gegen die Mitte, jedoch wird die Ausbreitung bei gröſsern Abständen gleichmäſsiger. Diese sehr verschiedene Verbreitung der entgegengesetzten Elektricitäten der beiden Flächen hat jedoch nichts auffallendes, und wird leicht erklärlich, wenn man nur die Verbreitung der freien Elektricität mit der der gebundenen vergleicht. Auf der vorderen Fläche ist zwar die gebundene Elektricität in gröſserer Menge vorhanden, verbreitet sich aber gleichmäſsiger als die freie, die am Rande bedeutend dichter ist. Jene wird also an der Mitte am wenigsten, am Rande dagegen am meisten von der freien geschwächt, und man begreift ohne Schwierigkeit, daſs, wegen der gegen den Rand sehr zunehmenden Dichtigkeit der freien Elektricität, die gebundene hier sogar überwältigt werden kann. Bei gröſseren Entfernungen geht ein verhältniſsmäſsig gröſserer Theil der gebundenen Elektricität in die Hinterfläche über, und die Indifferenzlinie der Vorderfläche entfernt sich etwas vom Rande. Auf der Hinterfläche ist die freie Elektricität, besonders bei kleineren Entfernungen, in viel gröſserer Menge als die gebundene vorhanden, und hier kann nur gleichartige Elektricität zum Vorschein kommen; jedoch wird diese von der bei zunehmender Entfernung zurücktretenden ungleichartigen Elektricität am Rande merklich geschwächt.

In dem Vorhergehenden ist stillschweigend angenommen worden, dafs die Scheibe *A* auf gleiche Weise vertheilend einwirke auf die isolirte und nicht isolirte Scheibe *B*. Jedoch sind zwei Ursachen vorhanden, von denen eine ungleiche Wirkung herrühren könnte. Erstens ziehet sich die Elektricität der Scheibe *A*, nachdem *B* ableitend berührt worden, mehr nach der vorderen Fläche, also *B* näher, und zweitens wird ihre Verbreitung im Ganzen eine andere seyn. Der erste Umstand wird nur sehr wenig in Betracht kommen können, wenn die Scheiben recht dünn sind und ihre Entfernung nicht sehr klein ist. Den Einflufs der veränderten Verbreitung der Elektricität auf die Oberfläche, zufolge der vertheilenden Wirkung der Scheibe *B*, habe ich auf experimentellem Wege zu bestimmen gesucht. Die Frage reducirt sich, wie unten gezeigt werden soll, darauf, zu untersuchen, welche Wirkung die nicht ableitend berührte Scheibe *B* in *A* hervorbringe. Es ist schon vorher bemerkt worden, dafs die natürlichen Elektricitäten einer isolirten Scheibe, durch die Annäherung an eine gleich grofse elektrisirte Scheibe, so vertheilt werden, dafs die ungleichartige Elektricität auf der vorderen Fläche, von der Mitte nach dem Rande, *abnehme*, die gleichartige auf der hinteren dagegen, von der Mitte nach dem Rande, *zunehme*. Daher wird dem Rande näher die gleichartige Elektricität der hinteren Fläche stärker seyn, als die ungleichartige der Vorderfläche. In einiger Entfernung vom Rande werden beide Elektricitäten gleich stark, und der Mitte näher überwiegt die ungleichartige immer mehr. Wenn die Dicke der Scheibe gegen die Entfernung beider unmerklich ist, so kann man beide Flächen in eine einzige zusammenfallend betrachten, und diese wird von der Mitte bis auf eine gewisse Entfernung von dem Rande ungleichartig, von da aber bis auf den Rand gleichartig elektrisirt. Beide Elektricitäten wirken vertheilend auf die gegenüberstehende vorher elektrisirte Scheibe, weil sie aber entgegengesetzt und gleich an Menge sind, wird nicht wahrscheinlich, dafs die absolute Menge der in dieser gebundenen Elektricität von

Null bedeutend abweiche. Um mich hierüber durch Versuche zu belehren, legte ich eine der Scheiben auf den Deckel eines Goldblattelektrometers, elektrisirte sie, und näherte ihr eine zweite, gleich grofse, auf einem langen nicht leitenden Stiel isolirte Scheibe von oben her. Es ist klar, dafs wenn die Menge der Elektricität in der unteren Scheibe durch die Rückwirkung der oberen vermehrt oder vermindert wird, sich diefs sogleich an dem Elektrometer zu erkennen giebt, im ersten Falle durch eine Verminderung, und im zweiten durch eine Vermehrung der Divergenz. Die Versuche sind schwierig und müssen mit Vorsicht angestellt werden, um nicht irre zu leiten, denn die geringste dem isolirenden Glasrohre oder der Sigellackstange adhärirende Elektricität ist schon von Einflufs, und das Resultat ändert sich oft bedeutend, wenn man der unteren Scheibe und dem Elektrometer die entgegengesetzte Elektricität mittheilt. Jene Elektricität konnte ich kaum über einer Lichtflamme ganz entfernen; wenn aber gleich alle Elektricität entfernt worden, so ist doch die Rückwirkung der isolirenden Träger auf das Elektroskop nicht ganz unmerklich. Am besten gelang es mir fremde Einwirkungen zu entfernen, wenn die Scheibe durch lange und dünne Seidenfäden, die vor dem Versuche wohl ausgetrocknet waren, isolirt wurde. Auf diese Weise wurde mit Scheiben von Weifsblech, 6 Zoll im Durchmesser, nur ein unbedeutendes Schwanken der Goldblätter bemerkt, wenn ich die obere Scheibe hin und her bewegte, und dieses Schwanken war gleich grofs, die mitgetheilte Elektricität mochte positiv oder negativ seyn. Ich schätzte die Verminderung der Divergenz, wenn die obere Scheibe, bis zur Berührung, der unteren genähert wurde, nur auf $\frac{1}{4}$ Linie, wenn die Goldblätter 6 Linien divergirten. Wurde eine Scheibe von Stanniol, 1 Zoll 10 Linien im Durchmesser, durch einen langen Gummilackstiel isolirt, der fast gleich grofsen oberen Fläche des Deckels des Elektrometers genähert, so wurde nur dann eine Wirkung bemerkt, wenn die Goldblättchen dem Anschlagen nahe waren. Selbst bei viel dik-

keren Scheiben war die Wirkung nicht sehr grofs. Wenn der Durchmesser 4 Zoll und die Dicke 2 Linien betrug, wurde die Divergenz von 7 nur auf 6½ Linien vermindert.

Wenn also eine isolirte und neutrale Scheibe einer andern elektrisirten gleich grofsen Scheibe parallel genähert wird, so nimmt die Menge der auf der vorderen Fläche derselben angehäuften Elektricität nur unbedeutend zu, oder anders ausgedrückt, eine nur unbedeutende Menge der in ihr vorhandenen Elektricität wird gebunden. Man kann also die vertheilende Rückwirkung jener Scheibe, ohne grofsen Fehler, als Null betrachten, wenn nur ihre Dicke nicht bedeutend ist. Hieraus kann gefolgert werden, dafs, wenn eine elektrisirte Scheibe *A* auf eine andere gleich grofse, vorher elektrisirte, Scheibe *B* vertheilend einwirkt, diese Wirkung nur wenig verändert wird, wenn der elektrische Zustand von *B* eine Veränderung erleidet. Um diefs deutlicher aus einander zu setzen, nehme ich zuerst an, dafs *B* vor der Annäherung an *A* nicht elektrisirt sey. In diesem Falle wirkt *A* auf *B*, und zertrennt seine natürlichen Elektricitäten, wie oben gezeigt worden; dagegen kann man die vertheilende Rückwirkung von *B* auf *A* als Null betrachten. Theilt man jetzt der Scheibe *B* einige Elektricität mit, so wird der elektrische Zustand von *A* sogleich verändert, und man kann die vertheilende Wirkung von *B* so betrachten, als wäre die elektrische Null in *A* in zwei gleich grofse, aber entgegengesetzte Elektricitäten zerlegt. Diese Elektricitäten verbreiten sich aber auf der Oberfläche der Scheibe gerade so, wie wenn *A* vorher unelektrisch wäre, und heben, wie oben gezeigt worden, ihre Wirkungen auf *B* beinahe auf. Also wirkt *A* auf *B*, wie vorher, fast nur durch die elektrische Schicht, die durch die Elektrisirung entstanden war. Strenge genommen wird doch *A* etwas mehr Elektricität in der vorher elektrisirten, als in der nicht vorher elektrisirten Scheibe *B* binden, wenn die der *B* mitgetheilte Elektricität mit der Elektricität in *A* ungleichartig, und etwas weniger, wenn sie gleichartig ist; denn im ersten Falle unterstützt die durch die vertheilende Wirkung

von B in A hervorgebrachte elektrische Schicht die Wirkung von A auf B, und im zweiten wirkt sie dieser entgegen. Wenn also die nicht vorher elektrisirte Scheibe B ableitend berührt wird, so wird in ihr etwas mehr Elektricität als vorher gebunden.

Ich nehme jetzt an, dafs einer der Scheiben A die Elektricitätsmenge E mitgetheilt worden. Wird dann die andere neutrale Scheibe B isolirt dieser gegenübergestellt, so bindet A in B eine gewisse Menge mit E ungleichartiger Elektricität, und setzt eine gleich grofse Menge gleichartiger in Freiheit. Nennt man diese E', so wird jene $-E'$ seyn. Gesetzt $E' : E = m : 1$, so wird $E' = mE$. Weil $E' < E$, wird m immer kleiner als die Einheit, nähert sich aber dieser um so mehr, je mehr B der A genähert wird. Wie vorher gezeigt worden, ist die vertheilende Rückwirkung von B auf A im isolirten Zustande nur unbedeutend, und daher kann man die ganze Menge von Elektricität in A als frei ansehen. Wird B ableitend berührt, verschwindet in ihr alle freie Elektricität, wie aber oben bewiesen worden, verändert sich, durch diese Aenderung des elektrischen Zustandes von B, die vertheilende Wirkung von A auf B nur sehr wenig. Also bindet A fast dieselbe Elektricitätsmenge $-mE$ in B wie vorher, und folglich wird $+mE$ die abgeleitete Menge seyn. Sobald aber diese entfernt worden, wirkt $-mE$ allein, und bindet zurück einen Theil von der Elektricität in A. Denkt man sich A nicht elektrisirt und nennt die Elektricität, welche B in diesem Falle in A bindet, E'', so wird offenbar $E'' : E' = E' : E$, also $E'' = \frac{E'^2}{E} = m^2 E$. Wenn aber $-mE$, in der nicht elektrisirten Scheibe A, $m^2 E$ bindet, so mufs sie beinahe dieselbe Menge binden, wenn A die Elektricitätsmenge E besitzt, wie aus dem Vorhergehenden klar ist. Also wird die freie Elektricität in A seyn $E - m^2 E = (1 - m^2) E$. Wird jetzt A ableitend berührt, so verschwindet in ihr alle freie Elektricität, B aber bindet noch fast unverändert dieselbe Menge wie vorher. Also bleibt die Menge $m^2 E$ in

der Scheibe zurück, während $(1-m^2)E$ in die Erde abgeleitet wird. Jene Elektricität bindet jetzt in B die Menge $-m^3E$, und daher wird hier $-mE+m^3E=-m(1-m^2)E$ frei. Das Folgende ergiebt sich von selbst, und ich habe nicht nöthig dabei länger zu verweilen, da dieſs eine schon bekannte Sache ist. Bei abwechselnd fortgesetzten Berührungen beider Scheiben sind m^2E, m^4E, m^6E u. s. w. die Werthe der in A gebundenen Elektricitätsmengen, und $-mE$, $-m^3E$, $-m^5E$ u. s. w. die Werthe der in B gebundenen. Weiter sind $(1-m^2)E$, $m^2(1-m^2)E$ u. s. w. die freien Elektricitäten in A, und $-m(1-m^2)E$, $-m^3(1-m^2)E$ u. s. w. die freien in B. Sowohl die gebundenen als die freien Elektricitäten beider Platten sind also einander entgegengesetzt, und bilden alle abnehmende geometrische Reihen, deren Exponent m^2 ist.

(Schluſs im nächsten Heft.)

III. *Apparat zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität;*

von Dr. E. Romershausen in Halle.

Die *Elektricität* ist unstreitig ein Hauptagens in dem groſsen Haushalt der Natur, und die gesammten Witterungsverhältnisse, namentlich der Luftdruck, die Temperatur, die Windrichtung und wäſsrigen Niederschläge stehen mit derselben in naher Verbindung und Wechselwirkung. Ihre erregende, zersetzende, belebende und befruchtende Einwirkung in den Processen der unorganischen und organischen Welt — der offenbare Einfluſs einer elektrischen Atmosphäre auf das vegetative und animalische Leben — auf das Nervensystem und krankhafte Zustände — auf chemische Processe und das gesammte chemische Fabrikwesen, machen eine allgemeinere Beobachtung des elektrischen Zu-

standes der Atmosphäre dem Naturforscher, dem Arzte, dem Oeconomen und dem Fabrikanten gleich wichtig. Es mufs daher auffallen, dafs diese Beobachtungen in neuerer Zeit, bei den anderweitigen vielseitigen Vorschriften der Elektricitätslehre, so wenig berücksichtigt worden sind — während man doch seit langen Jahren die mehr oder minder davon abhängigen Veränderungen des Luftdrucks, der Temperatur und anderer meteorologischer Erscheinungen der sorgfältigsten Beachtung und allgemeinen öffentlichen Mittheilung werth erachtete. Die Untersuchungen vereinzelter Naturforscher können hier aber wenig nützen und sind seither auch zu obigen Zwecken von geringem Nutzen gewesen — dagegen wird uns die Zusammenstellung der Beobachtungen *Vieler*, an verschiedenen Orten, gewifs die interessantesten Aufschlüsse in diesem noch verschleierten Gebiete der Naturkunde ertheilen — und *dieses ist es*, wozu ich durch diese geringen Andeutungen auffordern möchte.

Der Grund dieser scheinbaren Vernachlässigung eines so wichtigen Gegenstandes liegt aber wahrscheinlich zunächst in der Unzulänglichkeit und schwierigen Aufstellung der seither bekannten Apparate zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität — und sodann in dem Umstande, dafs diese Beobachtungen nicht an bestimmte Tagesstunden geknüpft werden können. Es zeigt sich zwar mit dem Aufgange der Sonne bis zu ihrem Niedergange eine tägliche, sehr bemerkenswerthe und ziemlich regelmäfsig sich steigernde und sinkende Elektricitätserregung, aber die vielfach eintretenden und schnell vorübereilenden *Stöfse* und *Wechsel* der + und — Strömungen, wodurch sich namentlich das verflossene Jahr auszeichnete, bedürfen nothwendig einer besondern Beachtung. Der Beobachter mufs daher einen feststehenden Apparat ganz in seiner Nähe haben, damit ihm diese interessanten und einflufsreichen Phänomene nicht entgehen.

Da ich nun bereits seit mehrern Jahren einen entsprechenden und überall leicht anzubringenden Apparat dieser Art construirt und auch einige practisch interessante Beob-

achtungen desselben öffentlich mitgetheilt habe, so ermuthigt mich der Beifall, welchen ihm mehrere Physiker schenkten, denselben zu allgemeinerer Benutzung zu empfehlen. Die Vorzüge dieses Apparates bestehen vorzüglich in einer erleichterten und mit geringen Kosten verbundenen Anbringung desselben an jedem nicht allzu beschränkt stehenden Hause und für jedes beliebige Zimmer desselben — in einer der Beobachtung feinerer Nüançen der elektrischen Atmosphäre entsprechenden *Auffangsvorrichtung*, da eine einzelne stärkere Metallspitze wenig dazu genügt und die Beihülfe von brennendem Zunder u. s. w. zu vorliegendem Zweck eben so unmöglich ist, als sie auch die Beobachtung selbst verdächtigt — und sodann in einer empfindlichen, die Beschaffenheit und den Elektricitätsgrad der Atmosphäre zu öffentlicher Mittheilung ziemlich vergleichbar anzeigenden *elektrometrischen Vorrichtung.*

In wie weit mir die Lösung dieser Aufgabe gelungen ist, überlasse ich der Prüfung und Beurtheilung der Kundigen, indem ich durch die Zeichnungen auf Taf. II, Fig. 1 bis 5, einen jeden Mechaniker in Stand setze, die Anlage überall leicht auszuführen.

Fig. 1 zeigt die Anbringung des *Apparats* an *jeder beliebigen Wohnung* und für *jedes Stockwerk* derselben.

H das *Haus*, dessen *Dach D* ohne Nachtheil die Auffangsvorrichtung überragen kann. *F* irgend ein *Fenster* des Wohnzimmers eines Beobachters.

mn die *Auffangstange* in gewöhnlicher Construction. Sie ruht oberhalb des Fensters in einem starken eisernen *Schuh m* und wird, vermittelst eines einzuhängenden *Hakens l*, in einem *Einschnitt k des Daches* leicht und sicher befestigt. Sie ragt seitwärts vom Haus in das Freie hinaus und hat folgende besondere Einrichtung.

Die etwa 10 bis 12 Fufs lange *Stange* von lackirtem Tannenholz ist bei *i* mit einer Messinghülse versehen, in welche der massive, mit Schellack überzogene $1\frac{1}{2}$ Fufs lange *Glasstab h* eingekittet ist. Dieser trägt alsdann oberhalb die *Auffangsvorrichtung gn.*

Zu mehrerer Deutlichkeit ist diese *Auffangsvorrichtung*

in Fig. 2 gröſser und im Durchschnitt gezeichnet. *a e* ist ein 5 Zoll im Durchmesser haltender flacher *Kupferring*, an welchen im Innern die kupfernen, galvanisch vergoldeten und nach oben fein zugespitzten *Auffangsdrähte d d* angelöthet sind, so daſs sie, etwas nach Auſsen gebogen, gleichsam eine *Krone* bilden. Eine im Durchmesser derselben angebrachte und etwas nach unten gebogene *Kupferschiene* trägt unterhalb die *Hülse g* zur Befestigung auf der Glasstange *h*, und oberhalb ist eine höhere *Drahtspitze b c* eingelöthet. Diese *Drahtspitze* ist das wichtigste der ganzen Vorrichtung, da sie allein, nach sicherer Erfahrung, die feinsten Nüancen der atmosphärischen Elektricität bemerklich macht. Ihre Construction ist folgende.

Der oben fein zugespitzte und vergoldete, etwa 1 Par. Linie im Durchmesser haltende *Kupferdraht* ist ringsum mit den feinsten haarförmigen *Platinspitzen* umgeben und wird am leichtesten auf folgende Art verfertigt: Der *Draht* wird, so weit die Platinspitzen reichen, mit *Zinnloth* überzogen, alsdann in der Art, wie Fig. 3 verdeutlicht, mit dem feinsten *Platindraht* umwunden und die Windungen über einer Spirituslampe eingeschmolzen. Die Schleifen werden alsdann aufgeschnitten und nach Ansicht der Fig. 2 ringsum geordnet.

Der *Leitungsdraht d e*, Fig. 1, von Kupfer, wird bei *e* an den *Kupferring* angelöthet, bei *d* erhält derselbe ein kleines *Dach* von Blech, welches den Regen abführt. (Ein gleiches ist bei *o* an der *Stange* angebracht.) An den *Leitungsdraht e d* ist sodann unten bei *c* eine kleine gut passende *Kupferhülse*, in angegebener Richtung, zum Einhaken an die aus dem Zimmer kommende *Drahtleitung* angelöthet.

Die Leitung in das Zimmer. Der Fensterrahm ist in der obern Ecke durchbohrt, um den in einer Glasröhre mit Schellack wohl eingekitteten *Leitungsdraht* zu befestigen und vollständig isolirt in das Zimmer zu führen. Bei *b* ist derselbe nach *a* herabgebogen und mit dem seitwärts vom Fenster und auſser der unmittelbaren Einwirkung der Son-

nenstrahlen angebrachten *Elektrometer E* auf unten anzugebende Art verbunden.

Diese *elektrometrische Vorrichtung* zeigt Fig. 4 in einem Drittheil der wirklichen Gröfse und im senkrechten Durchschnitt. *K* ist ein *Glascylinder*, welcher in einem auf dem *Holzkästchen M* angebrachten Metallring ruht. Das um der Deutlichkeit willen breiter gezeichnete *Kreuz cdh* besteht aus dem *feinsten Kupferblech* und ist galvanisch vergoldet; es hat nur eine wirkliche Breite von $\frac{1}{2}$ Linie. Unten bei *h* ist dasselbe an den, in eine *Glasröhre* eingeschlossenen und mit Schellack in den Deckel wohl isolirt eingelassenen *Leitungsdraht hi* angelöthet. Seine *beiden Arme c* und *d* sind in der Art etwas zu beiden Seiten hin gebogen, dafs sich der an einem *Coconfaden fe* hängende *Wagebalken a* diesseits und jenseits an die *Flächen dieser Arme* in linearer Richtung anlegt. Von diesen *Wagebalken* ist daher nur die eine Seite *a* sichtbar, der horizontale Durchschnitt, Fig. 5, zeigt aber beide; *cd* ist das *Kreuz* mit seiner *Biegung in e*, und *ab* der *geradlinige Wagebalken* im abgestofsenen Zustande, wo er auf die auf der Aufsenfläche des Glascylinders eingeätzte *Kreistheilung* zeigt.

Dieser *Wagebalken* wird am besten aus einem *unächten Goldlahn so leicht als möglich gefertigt*. In der Mitte desselben bei *e* versieht man ihn auf einer Oberkante mit einem feinen Tröpfchen *Siegellack* und etwas *Klebwachs*, um daran mit Leichtigkeit den *Spinne*- oder *Coconfaden ef* zu befestigen. Letzterer ist auf gleiche Weise bei *f* an den *Träger g* angeheftet, welcher in einem in der *Metallfassung mm* angebrachten *Korke* beweglich ruht.

Dieses nach dem Princip der Coulomb'schen *Drehwage* von mir construirte *Elektrometer* ist das *alleremppfindlichste*, da nicht allein die durch *ih* einströmende Elektricität an den *beiden Enden des Kreuzes c und d* am wirksamsten auftritt, sondern auch das *Bewegungsmoment* der *Abstofsung* den *Wagebalken* auf *seiner ganzen Länge* und auf *beiden Seiten in gleichem Sinne trifft*. Dasselbe ist auch ziemlich vergleichbar, wenn man den *Wagebalken* zur

Beseitigung jeder Torsion eine Zeit lang frei schweben läſst, und dem *Faden* alsdann denjenigen geringsten Grad der Torsion giebt, welcher den *Wagebalken* eben nur an die *Flächen des Kreuzes* anlegt.

Auf demselben saubern *Mahagonikästchen* ist sodann bei *N* ein gewöhnliches Bennet'sches *Goldblattelektrometer* zur Beobachtung der + oder — Elektricität angebracht. Im Innern des Kästchens liegt die *Zambonische Säule Z*. An die mit den *Polen der Säule* metallisch verbundenen *Fassungen w* und *x* sind die leitenden und bei *qq* den Deckel des Kästchens isolirt durchbrechenden *Kupferstreifen wqu* und *xqv* angelöthet und *st* ist das *Goldblättchen*, welches bei *s* mit dem *Träger sr* verbunden ist. *N* ist der die Vorrichtung schützende *Glascylinder*.

Die *Verbindung* des *Zuleitungsdrahtes* mit dieser elektrometrischen Vorrichtung zeigt Fig. 4. *n* ist der in Fig. 1 herabgehende *Leiter ba*; er ist unten bei *k* mit einer auf den vom *Elektrometer K* seitwärts laufenden und bei *i* aufsteigenden *Zuleitungsdraht*, in vollkommener metallischer Berührung passenden *Kupferhülse* versehen. Bei *o* ist eine *Seitenleitung* angelöthet, welche ebenso bei *p* in eine gleiche *Kupferhülse* des *Trägers sr* eingefügt wird. Diese Verbindung bildet einen vollkommenen Schluſs und ist leicht aus einander zu nehmen.

Nach dieser vielleicht über die Gebühr ausgedehnten Beschreibung des Apparats wird nun Jeder im Stande seyn, sich denselben allenthalben herzustellen — und ich schlieſse daher dieselbe mit dem Wunsche, daſs er die für das gesammte Naturleben hochwichtige *Beobachtung* der *atmosphärischen Elektricität* fördern und es mir gestattet seyn möge, künftig über den Gebrauch dieser Vorrichtung und die Beobachtungen selbst einige weitere Mittheilungen machen zu dürfen.

IV. *Ueber die Spannungsverhältnisse beim Ladungsstrom der elektrischen Batterie;* *von* K. W. Knochenhauer.

In diesen Annal. Bd. 64, S. 81, hat Dove Versuche über den Ladungsstrom der elektrischen Batterie mitgetheilt, und dadurch die Identität seiner Wirkungen und der des Entladungsstroms nachgewiesen. Ich will mir erlauben, daran noch die Untersuchung über die Spannungsverhältnisse auf dem Schliefsungsdrahte anzuknüpfen. Die Batterie *IM*, (Taf. II, Fig. 6) deren Inneres *I* mit dem Conductor und deren Aufsenseite *M* mit dem Erdboden in leitender Verbindung stand, war aus zwei Flaschen gebildet; von *I* ging ein Kupferdraht von 2′ (dieselbe Sorte wie in der Abhandlung Bd. 67, S. 327) bis *A*, hier folgte der Auslader *ADB* (Fig. 9, Taf. I, zu Bd. 67), und von *B* wieder 2′ Kupferdraht bis in's Innere *K* der isolirten Batterie *KL* von zwei Flaschen; von der Aufsenseite *L* verliefen 1′ Kupferdraht bis *C* und 3′ von *C* bis *M*. *A*, *B*, *C* sind isolirte Quecksilbernäpfe. In diesen festen Schliefsungsdraht wurden theils neue Kupferdrähte, theils der Funkenmesser (Fig. 14, Taf. I, zu Bd. 67), der ebenfalls Kupferdraht in seinen Näpfen enthielt, eingeschaltet und darauf die Versuche ganz wie in der citirten Abhandlung, Bd. 67, S. 327, angestellt. Diese Versuche geben also die Differenz der Schlagweite oder den scheinbaren Spannungsunterschied an den beiden Punkten des Schliefsungsdrahtes an, welche der Funkenmesser verbindet; reducirt man diese Beobachtungen auf eine Ladung der Batterie = 40,00 und fügt 2,61 hinzu, so erhält man die wahre Spannungsdifferenz; mit dieser berechnet man die Länge des festen Schliefsungsdrahtes, der um 2′ vermehrt mit x bezeichnet werden möge. Die folgende Tafel stellt sämmtliche Beobachtungen zusammen. Die erste Columne enthält die No. der Versuche, die zweite bezeichnet den Ort, wo der Funkenmesser eingeschaltet

ist, die dritte giebt die Länge des Kupferdrahtes an, die sich zwischen den beiden Näpfen desselben befindet, die vierte die noch aufserdem in den Schliefsungsdraht eingefügten Drähte mit dem Orte, an welchem sie eingefügt sind in der fünften Columne steht die beobachtete scheinbare Spannungsdifferenz für zwei verschiedene Ladungen der Batterie *IM* zu 57,00 und 60,50, in der sechsten die Reduction derselben auf eine Ladung der Batterie = 40,00, in der siebenten das Mittel beider Beobachtungen, das durch Addition von 2,61 in der achten auf die wahre Spannungsdifferenz gebracht ist; in den beiden folgenden Spalten endlich findet sich der berechnete Werth von x unter der Voraussetzung, dafs die Spannung gleichmäfsig abnimmt, und dann die mit dem Mittel 11',2 berechnete wahre Spannungsdifferenz.

No	Ort des Funkenmessers.	Draht im Funkenmesser.	In den Schliefsungsdraht eingefügte Drähte.	Scheinbare Spannungsdifferenz; beobachtet.		Reducirte scheinbare Spannungsdifferenz.		Reduct. Mittel beobachtet.	Wahre Spannungsd.; beob.	x berechnet.	Wahre Spannungsdif.; ber.
1	*A*	4'	2' *A*	11,00	12,01	7,72	7,94	7,83	10,44	11',3	10,52
2	*A*	8'	2' *A*	19,90	21,02	13,96	13,90	13,93	16,54	11,4	16,67
3	*A*	4'	2' *A*	11,28	12,07	7,92	7,98	7,95	10,56	11,1	10,52
4	*A*	8'	2' *A*	19,90	21,21	13,96	14,02	13,99	16,60	11,3	16,67
5	*A*	8'	2' *A*; 4' *B*	16,04	17,19	11,26	11,36	11,31	13,92	11,0	13,79
6	*A*	8'	2' *A*; 4' *C*	16,04	17,00	11,26	11,23	11,24	13,85	11,1	13,79
									Mittel	11,2	
7	*B*	4'	2' *B*	11,68	12,33	8,20	8,15	8,17	10,78	10,9	10,52
8	*B*	8'	2' *B*	19,70	20,89	13,83	13,81	13,82	16,43	11,5	16,67
9	*B*	8'	2' *B*; 4' *A*	16,01	16,98	11,23	11,23	11,23	13,84	11,1	13,79
10	*B*	8'	2' *B*; 4' *C*	16,14	16,66	11,33	11,01	11,17	13,78	11,2	13,79
11	*B*	8'	12' *B*	12,00	13,04	8,42	8,62	8,52	11,13	10,8	10,96
									Mittel	11,1	
12	*C*	4'	2' *B*	11,42	11,94	8,01	7,90	7,95	10,56	11,2	10,52
13	*C*	8'	2' *B*	19,64	21,14	13,78	13,98	13,88	16,49	11,4	16,67
14	*C*	4'	2' *A*	11,09	11,87	7,78	7,85	7,81	10,42	11,4	10,52
15	*C*	8'	2' *A*	19,77	21,27	13,88	14,06	13,97	16,58	11,3	16,67
16	*C*	8'	2' *A*; 4' *B*	15,85	17,00	11,12	11,23	11,17	13,78	11,2	13,79
17	*C*	8'	12' *B*	12,00	13,04	8,42	8,62	8,52	11,13	10,8	10,96
									Mittel	11,2	

Aus dieser Tafel ersieht man ohne Weiteres, dafs x denselben Werth hat, wo man auch den Funkenmesser einschalte, dafs also die Spannung der Elektricität ebenso wie beim Entladungsstrome ganz gleichmäfsig von I bis M abnimmt. Da der feste Schliefsungsdraht ferner folgende Länge hat: $IA = 2'$, $ADB = 0',7$, $BK = 2'$ und $LCM = 4'$, hierzu noch 2' macht $x = 10',7$, so fehlen nur 0',5, um den beobachteten Werth 11',2 zu bekommen. Diese 0',5 sind aber in den Drähten enthalten, auf welchen der Strom von K bis zu den Belegen der Flaschen nach L gelangt, nämlich in jeder Flasche auf einem 2½ Linien dicken Messingstab 2 Zoll auf dem Querstab und 4 Zoll nach unten, dann auf zwei etwa ½ Linie dicken Drähten 5 bis 6 Zoll bis zur Belegung, also in jeder Flasche auf etwa 1 Fufs stärkern Draht, der bei dem zwiefachen Wege in beiden Flaschen nur als compensirte Länge zu ½ Fufs oder wegen der gröfsern Stärke zu noch etwas weniger in Anschlag kommt. Offenbar müfste man wegen der Batterie IM eine vielleicht des Conductors wegen etwas geringere Correction am Schliefsungsdraht anbringen, wenn diese, da mir der Umstand früher nicht bekannt war, nicht schon in der Correction 2,61 zur Spannungsdifferenz enthalten wäre. — Aus dem Mitgetheilten ergiebt sich hiernach, dafs, abgesehen von der gleichmäfsig vertheilten Spannung, die nach der Entladung auf den Drähten zwischen I und K bleibt und auch nicht zum Strom gehört, beim Ladungsstrom alle Spannungsverhältnisse ebenso sind, wie beim Entladungsstrom; zertrümmerte man also das Glas in den beiden Flaschen KL und verbände die beiden Belege unmittelbar mit einander, so bekäme man genau die beobachteten Wirkungen, nur müfste man noch die Batterie IM so weit verkleinern, dafs sie bei gleicher Spannung nur so viel Elektricität enthielte, als sie mit dem Ladungsstrom abgiebt, hier also, wo sie die Hälfte ihrer Ladung entleert, würde *eine* Flasche bei IM nach Zertrümmerung des Glases in KL ganz gleiche Effecte hervorbringen. Wenn demnach der Ladungsstrom, wie Dove gezeigt hat, in allen Stücken

mit dem Entladungsstrom übereinstimmt, so findet diefs auch bei den Spannungsverhältnissen auf dem Schliefsungsdrahte seine volle Bestätigung.

Zum Schlusse will ich noch eine Fehlerquelle bezeichnen, in die man bei Beobachtungen mit dem Funkenmesser gerathen kann. Stehen Auslader und Funkenmesser parallel neben einander, im Uebrigen doch ziemlich weit von einander entfernt, so giebt der Funkenmesser gröfsere Zahlen; als z. B. die Distanz 1' 10" betrug, gab derselbe eine Spannungsdifferenz 22,14 statt 20,96. Ich finde den Grund in einer Erschütterung der Luft, die, wie auch andere Fälle lehren, den Funkenüberschlag begünstigt. Man mufs also immer darauf sehen, beide Instrumente von einander hinreichend zu entfernen, und ihnen eine solche gegenseitige Stellung geben, dafs die Erschütterung von dem einen nicht zu dem andern gelangen kann.

V. *Ob der Magnetismus auf die Saftbewegung der Chara vulgaris einwirke.*

Um diese Frage zu beantworten, hat Herr Dutrochet einen Charastiel zwischen die Pole eines Hrn. Pouillet gehörenden, sehr kräftigen hufeisenförmigen Magneten gebracht, der durch eine Bunsen'sche Batterie von 30 Elementen angeregt war, und etwa 2000 Kilogrm. tragen würde, da er, durch 20 solche Elemente angeregt, schon eine Tragkraft von 800 Kilogrm. besitzt. Trotz dem liefs sich unter dem Mikroskop, weder bei Schliefsung der Kette, noch bei Umkehrung des Stroms, nicht die allergeringste Einwirkung auf die Saftbewegung wahrnehmen. (*Compt. rend. T. XXII, p.* 621.)

VI. *Einige Versuche, diejenige Kraft, welche die elektrische Spirale auf einen in derselben befindlichen Magnet ausübt, zu rotirender Bewegung anzuwenden; von Emil Stoehrer, Mechaniker.*

Bekanntlich ist das reinste und weichste Eisen, welches von einer elektrischen Spirale umgeben zum Elektromagneten gemacht wird, nicht im Stande seine Pole so schnell zu wechseln, als man den elektrischen Strom in der Spirale umkehren kann; je gröfser die Eisenmasse, desto träger ist sie in dieser Beziehung. Man kann behaupten, dafs diese Erscheinung das Haupthindernifs ist, warum elektromagnetische Maschinen so wenig Kraft abgeben, denn jeder, der in diesem Felde gearbeitet hat, wird wissen, dafs die gröfste Geschwindigkeit, welche eine solche Maschine leergehend annimmt, schon um ein Bedeutendes vermindert wird, wenn man ein nur geringes Gewicht von derselben heben läfst, und offenbar müfsten diese Maschinen leergehend eine bedeutend gröfsere Geschwindigkeit erlangen, wenn die Kraft, welche die Magnete im Ruhestande auf einander ausüben, bei dem Polwechsel stets dieselbe bliebe. — Wenn man in diejenige Leitung einer im Gang befindlichen elektromagnetischen Maschine, in welcher die Richtung des Stromes beständig wechselt, einen mit den Polen nach oben gekehrten Hufeisen-Elektromagnet einschaltet, über welchem an einer Feder schwebend ein Anker von weichem Eisen in derjenigen Entfernung angebracht ist, in welcher er nicht mehr völlig bis zur Berührung vom Magnete angezogen wird, so beobachtet man bei langsamem Gange der Maschine langsame mit dem Polwechsel gleichzeitige Schwingungen des Ankers mit der Feder. Bei zunehmender Schnelligkeit der Rotation, und somit auch des Polwechsels, werden auch jene Schwingungen schneller, aber auch immer kleiner, bis endlich vollkommene Ruhe eintritt. Bei grofsen Magneten

erfolgt das Stillstehen des Ankers weit früher als bei kleinen, und man kann, wenn dieser Versuch mit gehöriger Vorsicht ausgeführt wird, sich nicht nur überzeugen, dafs die Masse des Eisens dem Entstehen und Verschwinden des Magnetismus Hindernisse in den Weg legt, sondern man ist auch im Stande zu bestimmen, welches Verhältnifs zwischen der Masse des Eisens und seiner Trägheit, Magnetismus anzunehmen und zu verlieren, sich ungefähr feststellen lasse. — Da man die Gröfse des Magnetismus kennt, welcher sich durch die günstigsten Verhältnisse mit einer gegebenen galvanischen Säule erzeugen läfst, so kann man, auf den Grund der Beobachtungen über den mechanischen Effect einer elektromagnetischen Maschine von bekannten Dimensionen der magnetisirten Eisenmassen, den muthmafslichen Effect einer im gröfsern Maafsstabe ausgeführten derartigen Maschine annäherungsweise bestimmen. Dürfte man annehmen, dafs der Polwechsel auch nur *nahe* momentan vor sich gehe, so würde mit einer mäfsigen Batterie sich sicher schon ein ganz tüchtiger mechanischer Effect hervorbringen lassen; allein die Praxis bestätigt das Gegentheil, je gröfser die Dimensionen genommen werden, desto geringer ist verhältnifsmäfsig die erzeugte Kraft, so dafs die grofsen Maschinen zwar schon durch eine kleine Säule in Gang gesetzt werden, aber die Schnelligkeit ihrer Bewegung nicht in dem Verhältnisse steigt, als der verstärkte Strom erwarten liefs. Gerade dieser Umstand, dafs es gar keines starken Stromes bedarf um eine Maschine von grofsen Dimensionen in Rotation zu bringen, beweist, dafs bei langsamem Polwechsel der Magnetismus verhältnifsmäfsig weit stärker eintritt und auf die Bewegung wirkt, als bei schnellerem Gange.

Die gröfste Geschwindigkeit der Rotation und des Polwechsels beobachtete ich bei einem Modell, dessen 12 Eisenstäbe 100 Millim. lang und 5 Millim. dick waren. Der Polwechsel fand bei jeder Umdrehung sechs Mal statt und die Maschine machte, durch eine Kohlen-Zinkkette von drei Elementen in Gang gesetzt, in der Minute 960 Umdrehun-

gen. Es kommen also auf jede Secunde 16 Umdrehungen und 96 Polwechsel.

Im Jahre 1843 stellte ich mehrere Versuche an, um vermittelst eines in einer Spirale rotirenden Stahlmagnetes Inductionsströme zu erzeugen, und hatte zu diesem Zwecke einen aus fünf Lamellen zusammengesetzten Magnetstab von 150 Millim. Länge, 15 Millim. Breite und 40 Millim. Dicke verfertigt, welcher in einer auf einem Holzrahmen gewundenen Spirale zu schneller Rotation gebracht wurde. Diese Spirale hatte beiläufig 90 Windungen eines $1\frac{1}{2}$ Millim. starken Kupferdrahtes. Obgleich der Stab einen beträchtlich starken Magnetismus angenommen hatte, so zeigten sich doch die inducirten Ströme wider Erwarten sehr schwach im Vergleich zu denen, welche man mit den gewöhnlichen magnetelektrischen Maschinen hervorbringt, bei welchen die Bewegung des Magnetismus erst durch Wirkung des Stahlmagnetes auf einen Eisenkern hervorgebracht wird. — Da ich inzwischen auch von andern Seiten hörte, daſs durch directe Bewegung eines Stahlmagnetes in der Spirale oder der Spirale über dem Magnete erheblich starke Ströme nicht hervorgebracht wurden, und ich diese Versuche nur deshalb unternahm, um vielleicht auf diese Weise noch stärkere Inductionsströme als auf dem bisherigen Wege zu erzeugen, so lieſs ich die Versuche in dieser Richtung fallen, benutzte aber die vorhandenen Apparate dazu, um diejenige Kraft kennen zu lernen, mit welcher der in der Spirale beweglich aufgestellte Magnet herausgetrieben wird, wenn erstere ein Strom durchläuft. Zur Erzeugung eines starken constanten Stromes bediene ich mich immer mit bestem Erfolg der Kohlen-Zink-Säule nach meiner eignen Construction, wozu ich die Kohle, abweichend von Bunsen, auf eine besondere Weise zubereite. Jedes der Elemente, wie ich sie später erwähne, besitzt eine wirkende Kohlenoberfläche von 20 Quadratzoll und bringt allein einen Platindraht von $\frac{1}{2}$ Millim. Durchmesser auf 20 bis 25 Millim. Länge zum Weiſsglühen.

Obiger Magnetstab wurde in der Spirale leicht beweg-

lich angebracht und in eine den Windungen parallele Lage gestellt. Zwei Becher als Säule mit den Enden der Spirale verbunden brachten denselben schnell in die Lage der Achse der Spirale, wo er nach einigen Schwankungen stehen blieb. Vermittelst einer empfindlichen Federwage wurde die Kraft gemessen, und es fand sich zunächst, daſs diese am gröſsten war, wenn der Stab in der Lage *ab*, Taf. I, Fig. 1, sich befand (die Richtung der Kraft ist durch Pfeilspitzen angedeutet); sie kam dort gleich 19 preuſs. Loth. In der Nähe der Lage *ab* bleibt sich die Kraft ziemlich gleich, und es ist erst eine Abnahme zu bemerken, wenn die untere Seite des Stabes bei *b* aus der Spirale getreten ist, dann folgt regelmäſsige Abnahme, bis in der Richtung *cd* die Kraft Null ist. In der Richtung von *d* nach *b* ist der Eintritt der Kraft erst dann merkbar, wenn die obere Fläche des Südpols in der Nähe der Spirale angelangt ist, dann wächst sie aber auch weit schneller, als die Abnahme von *b* nach *c* erfolgt.

Im Innern der Spirale war noch Raum genug, um eine Vorrichtung anzubringen, welche den Strom in der Spirale umkehrt, wenn der Stab in die Lage *cd* getreten ist. Die nähere Beschreibung dieser Commutation wird weiter unten bei der Zeichnung einer vollendeten Rotationsmaschine dieser Art gegeben werden. Es lieſs sich nun eine schnelle Rotation erwarten, da der Stromwechsel in der Spirale momentan geschieht, die treibende Kraft also bei jeder Geschwindigkeit der Bewegung stets dieselbe ist. Dieselbe erfolgte auch sogleich und nahm schnell bis zu einem solchen Grade zu, daſs ich mich genöthigt sah den Strom aufzuheben, weil ich besorgte, der Apparat, welcher auf solche heftige Bewegung nicht berechnet war, möge in Stücken fliegen. Der Magnetstab hatte ein Gewicht von $2\frac{1}{8}$ Pfund, welche Last, mit enormer Geschwindigkeit rotirend, alle Theile des Apparates gewaltsam erschütterte. Obgleich mit dieser Vorrichtung eine Geschwindigkeits- und Kraftmessung nicht vorgenommen werden konnte, so lieſs sich doch daraus, daſs durch die Rotation ein weithin hörbarer star-

ker Ton durch die Lufterschütterung entstand, vermuthen, dafs erstere bedeutend seyn müfste.

Ein Elektromagnet statt des Stahlmagnetes mufste wohl bei weit stärkerer Kraft und nicht so grofser Last ein noch günstigeres Resultat erwarten lassen, ich baute daher folgenden Apparat, wobei die Länge des Stabes dieselbe blieb.

Eine horizontal liegende Welle *ab*, Taf. I, Fig. 2, welche zwischen Spitzen drehbar ist, trägt den Elektromagnet *cd*. Die Spirale besteht hier aus zwei Theilen, gewickelt auf zwei Holzrahmen, welche an einander befestigt sind. Die Rahmen lassen sich durch Lösung der Schraubenköpfe bei *ff* leicht herausnehmen und durch andere, von dünnerm oder dickerem Draht gewundene, ersetzen. Der sowohl zu den Umwindungen des Elektromagnetes als der Spirale angewandte Kupferdraht hat 2 Millim. Stärke. Beide Spiralen zusammen tragen 160 Umwindungen, jedoch sind diese, je nachdem die angewandte Säule viel- und klein-, oder wenig- und grofsplattig ist, neben einander, also zu 80 Umwindungen eines Drahtes von doppeltem Querschnitt, oder blos zu 160 Umwindungen zu verbinden. Der Elektromagnet trägt 132 Windungen, und ist, theils um das Heruntergleiten des Drahtes zu verhindern, theils um dem entstandenen Magnetismus eine gröfsere Eisenoberfläche an den Polen zu geben, an beiden Enden mit starken viereckigen Platten versehen, welche zur Krafterhöhung nicht unerheblich beitragen.

Damit Rotation des Elektromagnetes erfolge, ist es nun erforderlich, dafs wenn letzterer fortwährend seinen Magnetismus ohne Polwechsel behält, die Spirale bei jeder Umdrehung die Stromrichtung zwei Mal wechsele. Alles diefs verrichtet die Commutation, welche auf der Welle, unter den Federn 1, 2, 3, 4 und 5, angebracht, und deren Wirkung aus Taf. I, Fig. 3, leicht ersichtlich ist. Von der Welle durch eine Buchsbaumhülse getrennt, rotirt mit derselben ein System von Scheiben, deren Oberfläche mit Platin belegt ist. *a* und *b* stehen in Verbindung, desgleichen *c* und *d*; *b* und *c* sind jedoch blos Halbscheiben und von einander

durch eine isolirende, schwarz angedeutete Masse getrennt; *a* und *d* hingegen sind volle Scheiben. Steht nun das System *ab* mit dem + Ende der Kette, *cd* aber mit dem — Ende in Verbindung, so werden bei Umdrehung des Systems die Federn 2 und 5 wechselsweise mit + oder — versehen. Diefs erfolgt hier zwei Mal, weil *b* und *c* zwei Halbscheiben. Bei geviertheilter Scheibe würde die Stromumkehrung vier Mal u. s. w. erfolgen. Da die Federn No. 2 und 5 mit den Enden der Spirale in Verbindung stehen, so entsteht hiermit der verlangte Stromwechsel.

Das Gewinde des Elektromagnetes ist in die Leitung mit eingeschaltet, ohne dafs in demselben Stromwechsel stattfinden soll, und wie diefs bewerkstelligt wird, läfst sich am leichtesten übersehen, wenn man den Gang der Leitung durch den ganzen Apparat verfolgt. Durch die beiden Schraubengefäfse *x* und *y*, Taf. I, Fig. 2, tritt der Strom in den Apparat und macht die Runde folgendergestalt:

Von *x* führt er durch einen Blechstreifen zu dem Spitzenlager bei *a*, durch dieses in die Welle und den Eisenkern des Elektromagnetes. Mit dem Eisenkern steht der *Anfang* des Gewindes des Elektromagnetes in Verbindung; das *Ende* hingegen führt zu einer auf der Welle steckenden Kupferhülse, welche isolirt von ersterer mit der Scheibe *e*, Taf. I, Fig. 3, durch den Draht *f* in Verbindung steht. Von der Scheibe *e* geht die Leitung in die Feder No. 4, von dieser in die Feder No. 3, und hier beginnt nun erst der Wechsel, welcher oben angedeutet ist durch die Halbscheiben *b* und *c*, Taf. I, Fig. 3. Nachdem der Strom durch die Federn No. 2 und 5 die Spirale durchlaufen hat, kommt er durch die Feder No. 1 in das Gefäfs *y*, Fig. 2, zurück.

Durch ihre Rotation versetzt die Welle ein aus- und einstellbares Zahnrad, welches mit Schnurlauf und Rolle zum Gewichteheben versehen ist, mittelst eines Triebes in Bewegung. Das Verhältnifs des Triebes zum Rade ist wie 1 : 8. Die Welle des Rades trägt eine Kurbel, damit man zu später erwähnten Versuchen den Magnet in der Spirale in schnelle Rotation versetzen kann, wenn diese *nicht* von einem Strome durchlaufen wird.

Die Geschwindigkeit der Rotation des Elektromagnetes nahm nun in folgender Weise zu, wobei oben erwähnte Kohlen-Zinkbatterie in Anwendung gebracht wurde.

1	Element	8	Umdrehungen	p. Secunde
2	»	18	»	»
3	»	26	»	»
4	»	34	»	»
5	»	40	»	»

An der Welle des Zahnrades wurde durch directe Gewichtshebung folgende Kraftäufserung gefunden, wobei die Geschwindigkeit der Rotation etwas abnahm:

1	Elem.	hob	$1\frac{3}{4}$	Pfd.	in	4 Sec.	1 Fufs	hoch	= 27	Fufspfd.
2	»	»	3	»	»	3 »	»	»	= 60	»
3	»	»	5	»	»	$2\frac{1}{2}$ »	»	»	= 120	»
4	»	»	6	»	»	2 »	»	»	= 180	»
5	»	»	$5\frac{3}{4}$	»	»	$1\frac{1}{2}$ »	»	»	= 230	»

Wenn man die Zahlen der letzten Spalte vergleicht, so läfst sich leicht erkennen, dafs die Zunahme der Kraft nach den Quadraten der einfachen Zahlenreihe näherungsweise stattfindet. Ferner läfst sich annehmen, dafs der gröfste mechanische Effect des Apparates nicht bei einer mittlern Geschwindigkeit der Umdrehung liegt, wie bei elektromagnetischen Maschinen, welche durch directe Anziehung zwischen Magneten bewegt werden, sondern dafs die abgegebene Kraft am stärksten ist, wenn man eine höhere Geschwindigkeit benutzt.

Es ist nöthig, wenn man mit der gegebenen Spirale den gröfsten Effect hervorbringen will, dafs die Stärke des Magnetismus im rotirenden Elektromagneten ein gewisses Verhältnifs zu der Anzahl der Windungen und der Stärke des Drahtes habe, aus welchem die Spirale zusammengesetzt ist. Sobald der Elektromagnet stärker wird, als dieses Verhältnifs erlaubt, erhält man zwar mehr ausstofsende Kraft, aber geringere Geschwindigkeit der Rotation.

Hinsichtlich der Form der Polflächen des Elektromagnetes habe ich zahlreiche Versuche angestellt und im Allgemeinen gefunden, dafs, je ausgebreiteter diese ist, desto mehr an Kraft gewonnen wird. Ich habe zu diesem Zwecke

die Magnete unter andern in Form von Taf. I, Fig. 4, dargestellt, wo die Polflächen in eiserne Platten von der Breite des inneren Raumes der Spirale endigen, und dadurch $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ Kraftzunahme erreichen. Es würde noch mehr auf diese Weise erreicht worden seyn, wenn nicht diese breiten Flächen durch den Luftwiderstand der schnellen Rotation ein Ziel setzten; jedoch giebt dieser Umstand zu der Vermuthung Anlafs, als könne die ausstofsende Kraft der Spirale den Magnetismus in einer grofsen Oberfläche *besser fassen*, als in einer gedrängten kurzen Eisenmasse.

Mit dem Modell Taf. I, Fig. 2, (welches ich ohne Batterie zu dem Preise von 50 Thlr. liefere) lassen sich noch folgende interessante Versuche anstellen:

Man kann den Strom allein zu dem Gewinde des Magnets leiten und die Spirale offen lassen oder schliefsen. Wenn man ersteres thut, so rotirt der Magnet bei einem gewissen Gewicht, welches, an der Welle des Zahnrades angehängt, den Apparat in Gang setzt, gleich schnell, man mag die Kupfermassen des Spiralen-Drahtes entfernen oder nicht; es scheint also bei offenen Drahtwindungen, welche einen Magnet umgeben, keine hemmende Kraft einzutreten. Sobald man nun aber die Spirale schliefst, so erfolgt augenblicklich Abnahme der Rotation, und um so schneller, je stärker der Elektromagnet war. Die in der Spirale inducirten Ströme wirken also *hemmend* sowohl auf den *Eintritt* als den *Austritt* des Magnets. Es zeigt sich hier aufserordentlich bemerkbar und deutlich, dafs diese Hemmung bei schneller Bewegung des Magnèts sehr viel stärker ist, als wenn derselbe langsam rotirt, und es lassen sich hierbei vielleicht manche interessante Beobachtungen anstellen, da man meines Wissens bis jetzt eine derartige Vorrichtung noch nicht hergestellt hat.

Durch den rotirenden Elektromagnet erhält man in der Spirale natürlich einen Inductionsstrom, der durch den Commutator in die Gefäfse x und y, Taf. I, Fig. 2, übergeht. Da er aber durch den Commutator gehen mufs, so erhält man ihn in den erwähnten Gefäfsen gleich commutirt, d. h. nicht

bei jeder Umdrehung zwei Mal richtungwechselnd, wie er in den Spiralen ursprünglich entstand. Dieser Inductionsstrom ist aber auch von ziemlich bedeutender Stärke, so dafs er Platindraht zum Glühen bringt; man sieht auch sogleich am Commutator Funken entstehen, wenn man die Spirale schliefst.

Damit man den Inductionsstrom durch langsame oder schnelle Bewegung des Magnets beliebig abändern könne, ist die Welle des Zahnrades mit einer Kurbel versehen, welche man, statt Gewichte an die Welle zu hängen, in Bewegung setzt.

Die wirkliche Gröfse der bisher angewendeten Elektromagnete betrug $5\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll Stärke. Bei fernern Versuchen wurden dieselben von 6 Zoll Länge und $1\frac{1}{4}$ Zoll Stärke von der Form wie Taf. I, Fig. 4, angewendet und mit mehr Windungen stärkeren Drahtes versehen. Die Spiralen waren entsprechend von stärkerem, flachgeformtem Drahte, aus noch mehr Windungen bestehend. Die Rotation erreichte bei diesem Apparate nicht die Höhe der Geschwindigkeit, wie bei dem ersten kleinen Modelle, und hiervon ist der Grund wohl in der schwerer von der Stelle zu bewegenden Masse zu suchen. Hingegen wuchs die Kraft, welche der Apparat beim Gewichtheben abgab, befriedigend, indem fünf Elemente derselben Batterie hier 500 Fufspfund Kraftäufserung abgeben, also mehr als das Doppelte des ersten Modells.

Es wurde nun in den Dimensionen weiter gegangen und der Magnetstab bis $7\frac{1}{2}$ Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll dick vergröfsert, auch in Kreuzform hergestellt. Alles Uebrige wuchs im Verhältnifs mit, die Gröfse der Batterie-Elemente ausgenommen, welcher die Widerstände der Leitungsdrähte angepafst wurden. Bei diesem dritten Modelle war in der Schnelligkeit der Rotation bei leergehender Maschine wenig Abnahme im Vergleich zum zweiten Modelle zu bemerken, desgleichen war auch hier der Gewinn an Kraft noch erheblich, indem durch sieben Elemente gerade 1000 Fufspfund abgegebene Kraftäufserung hervorgebracht wurde.

Wenn man den Magnet horizontal in die Spirale stellte, so konnte er auf der einen Seite mit $4\frac{3}{4}$ bis 5 Pfund belastet werden; so viel betrug also hier an der günstigsten Stelle die austreibende Kraft der Spirale.

Da der letzte Magnet mit seiner Umwindung schon ein leidliches Gewicht hat, welches, wenn es nur allein in so schnelle Rotation versetzt werden sollte, schon eine ziemliche Kraft erforderte, so liefs ich mit Beibehaltung desselben die Anzahl der Spiralenwindungen und die Stärke des Drahts hierzu allein wachsen. Anstatt *mehr* zu erhalten, zeigte sich nun wider Erwarten, dafs derselbe Strom *weniger* Kraft erzeugte. Nach weiteren Versuchen glaube ich annehmen zu müssen, dafs der Grund dieser Abnahme in der *hemmenden* Wirkung der den Elektromagnet umgebenden, geschlossenen *gröfseren Drahtmassen* zu vermuthen sey. Diese Hemmung zeigte sich bei diesen gröfseren Spiralen in der That aufserordentlich stark, wenn man dieselben bei Umschwung des Magnets schlofs. — Es fragt sich nun, ob die Inductionsströme, welche durch Bewegung des Magnets in der Spirale entstehen, wenn dieselbe geschlossen ist, auch dann noch entstehen können, wenn die Spirale schon von einem Batteriestrome durchlaufen wird, und — wenn sie dennoch entstehen (wie sich vermuthen läfst) — ob sie dem Batteriestrome immer oder nur theilweise entgegenlaufen. — Jedenfalls wird sowohl auf die eine als die andere Weise schwächende Wirkung eintreten müssen, und es handelt sich darum, dieser zu begegnen, um höhere Kraft zu erlangen.

Da ich bei diesen Versuchen und den damit zusammenhängenden Arbeiten in der Hauptsache den *mechanischen* Nutzeffect der erzeugten Bewegung im Auge hatte, so unterliefs ich es, eine gröfsere und stärkere Batterie anzuwenden. Die Unterhaltungskosten, welche hierbei einen Hauptgegenstand bilden, standen immer mit der erzeugten Kraft in passendem Verhältnisse. So ist es zum Beispiel sicher, dafs sich mit einer aus zwei Spiralen von der Gröfse des dritten Modells zusammengesetzten Maschine und etwa zwan-

zig Elementen obiger Gröfse eine Kraft von 4000 Fufspfund, also die angenommene dynamische Kraft eines Mannes, hervorbringen läfst. Allein die Höhe der Unterhaltungskosten würden eine technische Anwendung dennoch nicht möglich machen.

Unter vielen hierher gehörigen Versuchen will ich zum Schlusse noch folgende Abänderungen in der Form und Anordnung der Magnete sowohl als der Spiralen erwähnen.

Wenn man eine im langen Rechteck gewundene Spirale bis zu einem Winkel von 60° umbiegt, so erhält man die Form *abc*, Taf. I, Fig. 5. Bei *b* befindet sich das offene Ende, bei *a* und *c* die schmalen geschlossenen Seiten der rechteckigen Form der Spirale. Durch drei solche Spiralen kann man ein System von sechs Elektromagneten rotiren lassen, wobei die Pole so vertheilt seyn müssen, dafs Nord und Süd mit einander wechseln.

Taf. I, Fig. 6, stellt eine Anordnung dar, wo die Magnete feststehen und die Spiralen rotiren. Letztere sind hier hufeisenförmig umgebogen. Bei *a* und *c* ist die schmale geschlossene Seite, bei *b* die offene Seite der Spirale. Die Elektromagnete sind blos bis in die Nähe der Spirale mit Windungen versehen, die freigelassenen Pole ragen in die Spirale hinein. Die Anzahl der Magnete und Spiralen ist beliebig, und eine kreisförmige Aufstellung der Magnete bringt eine Rotation der an der Peripherie einer Holzscheibe befestigten Spiralen hervor.

Da der innere Raum der Spirale immer ein beschränkter ist, so hoffte ich durch diese beiden letzteren Anordnungen dadurch zu gewinnen, dafs ich bei denselben Drahtmassen und derselben Zahl von Umwindungen der Spiralen eine gröfsere Menge Magnetismus in dem Raume derselben erzeugte.

Namentlich ist diefs bei dem System Taf. I, Fig. 6, der Fall, wo man den Elektromagnet mit beliebig vielen Windungen versehen kann, ohne durch den innern Raum der Spirale gebunden zu seyn. Die Erwartungen, welche ich von diesen in ziemlich grofsen Dimensionen ausgeführten

Systemen hegte, wurden indessen nicht vollkommen befriedigt, weshalb ich in neuester Zeit zu der früher erwähnten einfachen Form mit einigen Abänderungen zurückgekehrt bin.

Wenn man die Resultate, welche mit den gewöhnlichen elektromagnetischen Kraftmaschinen erhalten worden sind, und namentlich den Raum, welchen sie einnehmen, mit den Leistungen der Spiralrotationsmaschine und ihren Dimensionen vergleicht, so läfst sich ein Fortschritt nicht verkennen, wenn man bedenkt, dafs hier der, eine Kraft von 1000 Fufspfund erzeugende Apparat, die kleine Batterie abgerechnet, einen Raum von 10 Zoll Länge, 8 Zoll Höhe und 5 Zoll Breite einnimmt. Hierbei mufs ich wiederholt darauf aufmerksam machen, dafs derselbe Apparat mit gröfserer Batterie mehr als das Doppelte leisten könnte, wenn es darauf ankäme, eine höhere Kraft in einem kleinen Raume hervorzubringen.

Man hat anderwärts die Spiralenkraft auch zu mechanischer Bewegung benutzt, indem man in einer hohen cylindrischen Spirale einen Eisenkern oder einen Magnet hin- und hergehend auf Balancier und Schwungrad wirken liefs; da man indessen bei einer solchen Bewegung nie auf hohe Geschwindigkeit rechnen kann, so hat man den Hauptvortheil, welchen die Spiralenkraft abgeben kann, bei einem derartigen Systeme verloren. Es ist nämlich klar, dafs die Spiralenkraft die Eigenthümlichkeit besitzt, bei geringer Kraft eine fast unbegränzte *Geschwindigkeit* zu erzeugen. Die letztere mufs nun eben am Meisten in's Auge gefafst werden, weil sie sich wieder in Kraft verwandeln läfst. Bei der hin- und hergehenden Bewegung kann nur der Hauptsache nach die Kraft wirken, während wenig darauf ankommt, ob die Kraft einer höhern Geschwindigkeit fähig sey oder nicht. Bei der rotirenden Bewegung hingegen, welche ohnediefs zu allen technischen Zwecken die passendste ist, kann eine intermittirend eintretende Kraft, die jeder vorhandenen Geschwindigkeit der Bewegung ihren vollen Antheil zugiebt, deshalb ein viel bedeutenderes Re-

sultat geben, weil ihr die Centrifugalkraft und das Beharrungsvermögen im vollsten Maafse zu Hülfe kommen.

In wissenschaftlicher Beziehung ist es höchst interessant, dafs dieselbe Kraft, welche als Minimum bei den durch Wärmestrahlung hervorgebrachten thermoelektrischen Strömen die am Coconfaden hängende leichte Nadel des Multiplicators um wenige Grade bewegt, andererseits einen Körper, der mehrere Pfunde wiegt, mit rasender Schnelligkeit in Rotation versetzt, und durch denselben auch noch Lasten von mehr als 100 Pfund zu heben vermag.

Leipzig, im März 1846.

VII. *Fraunhofer'sche Linien auf einem Papierschirm; von J. Müller in Freiburg.*

Als ich durch eine breite Spalte das vom Spiegel eines Sonnenmikroskops reflectirte Licht in ein dunkles Zimmer auf ein Flintglas-Prisma fallen liefs und das Spectrum auf einem Schirm von halbdurchsichtigem Papier (Durchzeichenpapier) auffing, erschienen in demselben ganz deutlich dunkle Streifen, welche ich alsbald für Fraunhofer'sche Linien erkannte, sobald man eine zweite Spalte dicht vor das Prisma aufstellte; diese zweite Spalte kann etwas weiter seyn als die erstere.

Die Spalte im Laden war eine in Stanniol ausgeschnittene, aus dem Schwerd'schen Beugungsapparat genommen, die zweite war durch verschiebbare Schneiden gebildet.

Um die Lage der Streifen genauer bestimmen zu können, machte ich eine Theilung auf dem Papierschirm, und zwar von Zollen, den Zoll in 10 Linien getheilt. Es liefs sich auf diese Weise leicht ablesen, mit welchem Strich der Theilung die dunklen Streifen zusammenfielen, und da-

durch wurde es möglich, verschiedene Beobachtungen mit einander zu vergleichen.

Vier verschiedene Beobachtungsreihen, bei verschiedenen Entfernungen des Prismas von dem Schirm in dem Laden, gaben folgende Resultate:

	I.	II.	III.	IV.
Gränze des Violett	8	6		0
Dunkler Streifen nahe am Ende des Violett, wahrscheinlich *I*		8		6,5
* Starker Streifen im Violett, der stärkste von allen, welche beobachtet wurden, wahrscheinlich *H*.	24	23	17,5	15
Schwächerer Streifen		26	19,25	16,25
" "			21,25	18
* Starker Streifen nahe an der grünen Gränze vom Blau	47	40	40,25	31,5
Gränze zwischen Blau und Grün	50	43	44	
* Starker Streifen im Grün	55,5	46,5	49	37,75
Schwächerer			51	
Gränze zwischen Grün und Gelb	64	52		
Mitte des Gelb			59,5	
Gränze zwischen Orange und Roth	72	58		
Gränze des Roth	83	68	77	

Die Uebergangsstellen der verschiedenen Farben können natürlich nicht genau angegeben werden; eben so sind die Gränzen des Spectrums nicht ganz scharf, namentlich unbestimmt am violetten Ende.

Die mit * bezeichneten Streifen sind stets am deutlichsten; wir wollen den erstern (im Violett) mit α, den zweiten (an der Gränze des Blau) mit β, den dritten (im Grün) mit γ bezeichnen. Die Entfernungen dieser drei Streifen sind in allen Versuchsreihen sehr nahe proportional.

Die vier Beobachtungsreihen gaben für die Entfernung von α und β, die wir mit $\beta-\alpha$, und für die Entfernung von β und γ, die wir mit $\gamma-\beta$ bezeichnen wollen, folgende Werthe:

	$\beta-\alpha$	$\gamma-\beta$
I.	23‴	8‴,5
II.	17	6 ,5
III.	22 ,75	8 ,75
IV.	16 ,5	6 ,25

Für den Quotienten $\frac{\beta-\alpha}{\gamma-\beta}$ ergaben sich aus den vier Beobachtungsreihen folgende Werthe:

I.	2,706
II.	2,6153
III.	2,600
IV.	2,600.

Die Uebereinstimmung ist von der Art, dafs man wohl überzeugt seyn kann, dafs man es mit einem constanten Phänomen zu thun hat.

In der Hoffnung noch solche Linien ausfindig zu machen, aus deren gegenseitiger Lage sich mit Bestimmtheit ihre Identität mit den durch Fraunhofer mit B, C u. s. w. bezeichneten Streifen nachweisen lasse, stellte ich noch mehrere Beobachtungsreihen unter veränderten Umständen an. Vor allen Dingen wurde die Spalte am Heliostat mit einer noch engeren vertauscht; die Streifen erschienen nun allerdings etwas deutlicher, mochte nun das Prisma mit der zweiten Spalte der ersten Spalte näher oder ferner gerückt werden. Bei den ersten dieser neuen Beobachtungsreihen erschienen dunkle Streifen bei

	α				β	γ	(sehr schwach)
1	19	22,25	25,5	27,75	38,25	46	58

Für diese Beobachtungsreihe hat der Quotient $\frac{\beta-\alpha}{\gamma-\beta}$ den Werth 2,483. Dieser Werth stimmt mit den aus den beiden letzten Beobachtungen erhaltenen nicht mehr so genau überein; eine solche Differenz erklärt sich aber sehr leicht, wenn man bedenkt, welch bedeutenden Einflufs eine kleine Ungenauigkeit im Ablesen auf den Werth dieses Quotienten hat. Nehmen wir an, man hätte die Linie β um $\frac{1}{4}$ weiter nach dem rothen Ende hin, man hätte also 38,5 abgelesen, so hätten wir den Quotienten 2,600 genau wie vorher gefunden. Ein so kleiner Fehler im Ablesen ist aber hier um so eher möglich, als die dunklen Streifen nicht scharfe Linien, sondern gleichsam nur Schatten sind, welche namentlich zwischen den scharfgezogenen Strichen der Thei-

lung undeutlich erscheinen, selbst wenn man sie oberhalb oder unterhalb der Theilung (die Theilung ist viel schmäler als die Höhe des Spectrums) sehr deutlich verfolgen kann.

Wenn die Länge des ganzen Spectrums 80 Linien beträgt, so entspricht ein Fehler von 1‴ im Ablesen ungefähr einem Fehler von 0,001 im Brechungsexponenten; da aber die Fehler im Ablesen höchstens $\frac{1}{4}$ Linie betragen, so ist der entsprechende Fehler im Brechungsexponenten höchstens 0,0005.

Je näher der Schirm dem Prisma gerückt wird, desto kleiner wird die Breite des Spectrums, desto näher rücken die Streifen, desto mehr Einfluſs hat also auch ein geringer Fehler im Ablesen auf den Werth des Quotienten $\frac{\beta-\alpha}{\gamma-\beta}$.

Eine sechste Beobachtungsreihe gab folgende Resultate:

α	β	γ
54,25	61	63,25

und daraus für den erwähnten Quotienten den Werth 2,700.

Bei diesem Versuch war das Spectrum sehr schmal, die Streifen also auch verhältniſsmäſsig einander viel näher.

Siebenter Versuch:

α			β	γ	
42,5	43,25	44,25	52,5	56,5	58

Werth des Quotienten 2,5.

Achter Versuch:

	α				schwach
26	34,5	35,75	37	39,5	41,5

β	sehr schwach	γ		Spur
49,75	53,5	55,75	57,5	67,5

Werth des Quotienten 2,54.

Der Streifen bei 67,5, von welchem jedoch nur eine Spur zu sehen war, fiel in das Orange; im Roth waren überhaupt keine Streifen mit Bestimmtheit zu beobachten.

Das Mittel aus den acht Werthen des Quotienten $\frac{\beta-\alpha}{\gamma-\beta}$ ist 2,593, so daſs man ohne merklichen Fehler 2,6 für dieses Mi[illegible]nehmen kann.

Eine Vergleichung mit den Fraunhofer'schen Beobachtungen zeigt, dafs die drei Streifen α, β und γ auf keinen Fall alle solche sind, welche mit Buchstaben bezeichnet wurden.

Dahingegen liegen die Streifen α, γ und der bei der letzten Versuchsreihe ganz schwach in Orange beobachtete so, dafs wohl nicht zu zweifeln ist, dafs $\alpha = H$, $\gamma = F$, und der Streifen im Orange kein anderer als D sey. Die Entfernung dieses letzteren Streifen von γ war beim letzten Versuch 11,75 von α und γ 21,25; die beiden Entfernungen verhalten sich also wie 1 : 1,817.

In der Darstellung des Spectrums, welche Fraunhofer auf Tab. II in dem fünften Bande der „Denkschriften der Königlichen Academie der Wissenschaften zu München.« gegeben hat, beträgt die Entfernung von D bis F 25,5''', von F bis H 45; die beiden Entfernungen verhalten sich also wie 1 : 1,765, was mit dem Verhältnifs von 1 : 1,817 so gut zusammenpafst, dafs die Identität von α, γ und der Linie im Orange mit H, F und D wohl gewifs ist, um so mehr, wenn man bedenkt, dafs die Ablesung des schwachen Streifens in Orange nicht ganz genau ist, und dafs auch durch die Verschiedenheit der Flintglassorten eine kleine Abweichung bedingt seyn kann.

Ungefähr in der Mitte zwischen F und G befindet sich in der Fraunhofer'schen Zeichnung des Spectrums ein dunkler Büschel von Streifen, dessen Lage mit demjenigen unserer Streifen übereinstimmt, welchen wir mit β bezeichnet haben. Wir haben gefunden, dafs die Entfernung von γ und β sich zu der von β und α im Mittel verhalte wie 1 zu 2,6; in der Fraunhofer'schen Zeichnung des Spectrums ist der erwähnte Streifen 13 Linien weit von F und 32 Linien weit von H entfernt. Das Verhältnifs dieser Entfernungen ist also 1 : 2,461. Der Unterschied ist von der Art, dafs er sich wohl durch eine Ungleichheit der Glassorte erklären läfst, so dafs man wohl β für jenes zwischen G und F liegende Bündel nehmen kann.

Die besprochenen schwarzen Streifen auf dem Schirme

liefern bei vielen Versuchen, bei welchen nicht die äufserste Genauigkeit nöthig ist, ein sehr bequemes Mittel Messungen anzustellen. Läfst man das Spectrum auf einen, mit einer Theilung versehenen Schirm fallen, beobachtet man mit welchen Theilstrichen die drei Streifen α, β, γ zusammenfallen, so ist es leicht zu berechnen, welchen Stellen der Theilung die übrigen Fraunhofer'schen Linien entsprechen. An diesem aufgefangenen Spectrum sind aber alle Beobachtungen, etwa Beobachtungen über Absorption ausgenommen, ungleich leichter anzustellen, als durch das Fernrohr; die Theilung gewährt die Möglichkeit einer Messung, und die Beobachtung der drei Streifen α, β und γ die Reduction auf die Fraunhofer'schen Linien.

VIII. *Prismatische Zerlegung der Interferenzfarben; von J. Müller in Freiburg.*

Um die Frage zu entscheiden oder wenigstens der Entscheidung näher zu bringen, ob die Farben durchsichtiger Körper durch Interferenzen sich erklären lassen oder nicht? mufs man diese Farben mit Interferenzfarben vergleichen. Wrede (diese Ann. Bd. XXXIII) hat zuerst gezeigt, dafs durch die prismatische Zerlegung eines weifsen Lichtes, welches als eine Farbe höherer Ordnung zu betrachten ist, ein Spectrum entsteht, welches durch eine Reihe schwarzer Streifen getheilt ist, die den Streifen ähnlich sind, welche man im Spectrum sieht, wenn man das Licht durch Jod- oder Bromdämpfe gehen läfst.

Erman (diese Annal. Bd. LXIII) hat nun noch die Abstände der Streifen in beiden Fällen gemessen und sucht darzuthun, dafs diese Abstände in beiden Fällen einem gleichen Gesetze folgen, wonach es wenigstens wahrscheinlich wird, dafs auch die Streifen, welche man bei der prisma-

tischen Zerlegung des durch Jod- und Bromdämpfe gegangenen Lichtes beobachtet, durch Interferenz entstanden sind.

Nun aber ist das Licht, welches durch ein Glimmerblatt gegangen ist, weifs; es ist eine Farbe höherer Ordnung, während das Licht, welches durch Jod- und Bromdämpfe gegangen, farbig ist. Wrede hat sehr schön gezeigt, dafs diese Färbung nicht unmittelbar mit den Streifen zusammenhängt, dafs man das durch Jod- oder Bromdämpfe gegangene Licht gleichsam als eine Combination einer Farbe niederer Ordnung mit einem Weifs höherer Ordnung betrachten müsse.

In der That kommt eine chromatische Absorption sehr häufig, ja meistens ohne Streifung vor, denn bei der prismatischen Zerlegung des Lichtes, welches durch farbige Flüssigkeiten in Gläser gegangen ist, beobachtet man nur einzelne Minima im Spectrum, keineswegs aber eine regelmäfsige Streifung; es ist demnach klar, dafs zur Lösung der Frage über die Entstehung dieser Farben man dieselben mit Farben niederer Ordnung, welche allein eine entschiedene schöne Färbung haben, vergleichen müsse.

Die Blättchen, welche dünn genug sind, um die Newton'schen Farben niederer Ordnung zu zeigen, sind zu zerbrechlich, um in der Weise zu den Versuchen angewandt zu werden, wie Wrede und Erman schon dickere Glimmerblättchen anwandten; von dieser Seite stellt sich also der prismatischen Zerlegung der Interferenzfarben niederer Ordnung eine grofse Schwierigkeit in den Weg. Diese Schwierigkeit läfst sich aber dadurch heben, dafs man polarisirtes Licht und Gypsblättchen anwendet.

Ein Gypsblättchen, welches schon viel zu dick ist, um für sich allein gefärbt zu erscheinen, erscheint bekanntlich im Polarisationsapparat gefärbt, und zwar sind die Farben der Gypsblättchen im polarisirten Lichte mit den Newtonschen Farben identisch. Man kann nun diese Gypsblättchen zwischen Glasplatten kitten und so leicht eine Collection von Platten sich verschaffen, welche verschiedene Farben zeigen, und mit denen man bequem operiren kann.

Wenn man nun solche Platten in gehöriger Stellung zwischen zwei Nichol'sche Prismen bringt, so zeigen sie ihre Farbe sehr schön und rein; zur prismatischen Zerlegung dieser Farben aber ist das vor dem Fernrohr angebrachte Prisma sehr unbequem, weil diese Beobachtungsart keinen Totalüberblick des Spectrums erlaubt, welcher in solchen Fällen, wo es sich nicht um die Beobachtung einzelner feiner Streifen handelt, doch sehr wünschenswerth ist.

Zur prismatischen Zerlegung dieser Farben ist dagegen folgende Beobachtungsart sehr zu empfehlen, welche zugleich den einfachsten experimentellen Beweis liefert, dafs diese Farben wirklich so zusammengesetzt sind, wie es die Theorie angiebt.

Man fange das Spectrum mit einem Papierschirm auf (in der Weise, wie ich es in der Notiz »über die Fraunhofer'schen Linien auf einem Papierschirm« angegeben habe) ***und betrachte es durch ein Gypsblättchen, welches sich zwischen zwei Nichol'schen Prismen befindet.***

Wenn man zwischen die gekreuzten Nichol'schen Prismen ein Gypsblättchen bringt, welches eine Farbe der ersten, zweiten oder dritten Ordnung zeigt, so erscheint die Lichtintensität an einer Stelle des Spectrums, welche je nach der Farbe des Plättchens bald mehr in der Mitte, bald näher an einem Ende liegt, sehr geschwächt, bald ganz ausgelöscht; so giebt z. B. das *Violett* (dunkles Purpur) der zweiten Ordnung einen dunklen Streifen im Gelb; beim *Gelb* der zweiten Ordnung erscheint das violette Ende des Spectrums ausgelöscht u. s. w.

Die Farben der vierten Ordnung zeigen schon zwei dunkle Streifen, so z. B. das Grün vierter Ordnung einen dunklen Streifen im Roth, einen andern im Blau.

Nimmt man nach einander immer dickere Gypsblättchen, so erblickt man 3, 4, 5, 6 u. s. w. dunkle Streifen.

Wenn man die Entfernungen der Streifen messen will, was für viele Untersuchungen von Wichtigkeit ist, so braucht man nur auf den Schirm eine Theilung zu zeichnen. In Taf. I, Fig. 10, ist ein Stück der Theilung gezeichnet, welche

ich zu diesen Versuchen sowohl, als auch bei der Beobachtung der Fraunhofer'schen Linien anwandte.

Ich übergehe hier diejenigen Beobachtungen, welche mit dünneren Gypsblättchen angestellt wurden, und will nur einige derjenigen näher beschreiben, bei welchen mehrere Streifen beobachtet wurden. Die vier folgenden Beobachtungen wurden mit Platten angestellt, die ich der Dicke nach mit I, II, III und IV bezeichnen will. I war die dünnste der vier Platten und zeigte das Grün der vierten Ordnung, die andern nur Weifs.

Das Spectrum ging auf dem Schirm von den Theilstrichen 33 bis 69, wie es in Taf. I, Fig. 10, dargestellt ist.

Die Platte I zeigte zwei dunkle Streifen; die Mitte des einen lag bei 50,5, also im Blau, die des zweiten bei 65, also im Roth.

Die Platte II zeigte fünf dunkle Streifen, deren Mitten auf die Theilstriche

40, 47, 54, 60 und 65,25

fielen. Die durch diese Platte beobachtete schöne Erscheinung ist es, welche in unserer Figur vollständig abgebildet ist.

Die Platte No. III zeigte 11 Streifen; die Lage des letztern im Roth konnte nicht genau abgelesen werden, die übrigen lagen bei

66 63,5 60,75 58,25 55,25 52 48,5 45 41 36,75.

In welche Farben diese Streifen fallen, sieht man leicht, wenn man die angegebenen Theilstriche in der Figur aufsucht; so fällt der erste in's Roth, der zweite in's Orange, der dritte liegt an der Gränze von Gelb und Grün, die beiden folgenden liegen im Grün u. s. w.

Bei der Beobachtung durch die Platte IV war die Stellung des Schirmes etwas geändert; das violette Ende des Spectrums war bei 22, das rothe bei 71. Die Anzahl der Streifen im Spectrum war 30, die Lage der letzten an beiden Enden konnte nicht genau abgelesen werden, die übrigen lagen bei

29	31	33	35	36,8	38,75	40,6
42,4	44,1	45,75	47,4	49	50,5	52
53,5	55	56,4	57,8	59,1	60,25	61,5
62,75	64	65,1	66,2			

Je mehr die Zahl der Streifen wächst, desto schmäler werden auch natürlich die einzelnen Streifen; wenn sie aber sehr schmal werden, so bilden sie bei dieser Beobachtungsweise keine ganz scharfe dunkle Streifen mehr, sondern sie werden matt. Man kann jedoch die Lage der einzelnen Streifen noch mit Sicherheit ablesen, wenn die Zahl derselben für die ganze Breite des Spectrums auf 70 bis 80 gewachsen ist; wächst die Anzahl der Streifen noch mehr, so werden sie zu undeutlich und verschwimmen endlich ganz.

Die eben besprochenen Erscheinungen werden dadurch hervorgebracht, dafs polarisirtes Licht auf eine Gypsplatte fällt, welche es in zwei Strahlenbündel zertheilt, von denen der eine dem andern, je nach der Dicke der Platte, um eine bestimmte Anzahl von Wellenlängen voran eilt. Nach dem Durchgang durch die Gypsplatte werden die beiden Strahlenbündel durch das zweite Nichol'sche Prisma auf eine Schwingungsebene reducirt, und können nun interferiren. Bei gekreuzten Prismen werden sich die beiden Strahlen gegenseitig vernichten, wenn das eine dem andern in Krystallplättchen um 1, 2, 3, 4 u. s. w., kurz um eine ganze Anzahl von Wellenlängen vorangeeilt ist.

Wenn nun für die rothen Strahlen, welche einer bestimmten Stelle des Spectrums entsprechen, das eine Strahlenbündel im Gypsplättchen dem andern um n Wellenlängen vorausgeeilt ist, so wird für die brechbareren Strahlen, also für die gelben, grünen, blauen u. s. w., das Voraneilen des einen Strahlenbündels in demselben Gypsblättchen mehr als n Wellenlängen betragen.

Wenn man nun durch dieses zwischen zwei Nichol'schen Prismen befindliche Gypsblättchen das Spectrum betrachtet, so ist natürlich die Stelle im Roth ausgelöscht, oder mit andern Worten, an der Stelle des Roth erscheint ein dunkler Streifen, für welchen der Gangunterschied der beiden

Strahlenbündel im Gypsblättchen gerade *n* Wellenlängen beträgt. Für den nächsten dunklen Streifen nach dem violetten Ende des Spectrums hin beträgt dieser Gangunterschied $n+1$, für den nächsten $n+2$ u. s. w. Wellenlängen.

Für den dunklen Streifen im Roth Taf. I, Fig. 10, beträgt z. B., wie gleich nachgewiesen werden soll, das Voraneilen des einen Strahls im Gypsblättchen vor dem andern 9 Wellenlängen; demnach beträgt der Gangunterschied der beiden interferirenden Strahlen für den Streifen an der Gränze zwischen Gelb und Grün 10, für den Streifen an der Gränze von Blau und Grün 11, für den folgenden 12, für den letzten 13 Wellenlängen.

Eine Gypsplatte, deren Farbe Grün der vierten Ordnung ist, zeigt, wie oben angeführt wurde, bei der prismatischen Zerlegung zwei Minima, deren eines fast mit dem Streifen im Roth, das andere mit dem Streifen im Blau der Taf. I, Fig. 10, zusammenfällt. Bekanntlich beträgt aber für das Grün der vierten Ordnung das Voraneilen des einen Strahls im Gypsblättchen für blaues Licht 4, für rothes Licht 3 Wellenlängen. Eine Gypsplatte, welche doppelt so dick ist, als eine solche, welche Grün der vierten Ordnung zeigt, wird an denselben Stellen dunkle Streifen liefern, wie das Grün der vierten Ordnung; jedoch wird nun der Gangunterschied der beiden Strahlen für den Streifen im Blau 8, für den im Roth 6 Wellenlängen betragen; es mufs also für diese dickeren Platten noch ein Streifen zwischen diese beiden Streifen fallen.

Eine Platte, deren Dicke drei Mal so dick ist, wie die, welche das Grün vierter Ordnung zeigt, wird einen Streifen im Blau und einen Streifen im Roth gerade an derselben Stelle liefern, wie jene; dem Streifen im Blau entspricht aber hier ein Gangunterschied der beiden interferirenden Strahlen von 12, dem andern ein Gangunterschied von 9 Wellenlängen; zwischen diesen beiden Streifen müssen also noch zwei andere in der Mitte liegen, wie diefs in unserer Figur der Fall ist.

Durch solche Betrachtungen, welche ganz elementarer

Natur sind, läfst sich für jede Platte leicht ausfindig machen, wie viel das Voraneilen des einen der interferirenden Strahlen von dem andern für eine jede Stelle des Spectrums beträgt.

Für irgend eine Platte *A* und irgend einen Streifen betrage der Gangunterschied n Wellenlängen, so ist er für den zunächst nach der violetten Seite hin liegenden Streifen $n+1$.

Wenn nun die Dicke einer andern Platte *B* ein ganzes Vielfaches von der Dicke der Platte *A* ist, so liefert *B* zwei Streifen an denselben Stellen, an welchen die beiden durch die Gangunterschiede n und $n+1$ erzeugten Streifen der Platte *A* liegen; für die Platte *B* liegen aber zwischen beiden noch mehrere Streifen, deren Anzahl davon abhängt, wie vielmal *B* dicker ist als *A*.

Ist *B* 2, 3, 4, 5 . . . . . m mal dicker als *A*, so liegen auch zwischen den beiden erwähnten Streifen für die dikkere Platte noch 1, 2, 3, 4 . . . . . $m-1$ andere, oder wenn zwei Streifen einer dickeren Platte mit zwei aufeinanderfolgenden Streifen einer dünneren zusammentreffen, wenn aber zwischen diesen für beide Platten gemeinschaftlichen Streifen für die dickere noch m Streifen fallen, so ist letztere $m+1$ mal so dick, der Gangunterschied der entsprechenden Streifen ist also für letztere Platte auch $m+1$ mal so grofs.

Wenden wir diefs an, um die Gangunterschiede der beiden interferirenden Strahlen zu ermitteln, welche den einzelnen Streifen entsprechen, welche die Platte IV liefert.

Die oben angeführten Versuche mit der Platte IV sind mit denen der Platte I nicht direct vergleichbar, weil bei der letzten Versuchsreihe das Spectrum eine andere Lage hatte als bei der ersten; um nicht Reductionsrechnungen machen zu müssen, wiederholte ich den Versuch mit beiden Platten für eine und dieselbe Stellung des Spectrums. Das Spectrum erstreckte sich von den Theilstrichen 19 bis 64; für die Platte I fielen die beiden Minima auf die Theilstriche 58,5 und 41,5. Die Platte IV gab einen dunklen

Streifen bei 41,25, einen bei 58,75, und zwischen diesen beiden, die ich der Kürze halber Gränzstreifen nennen will, lagen noch 14 andere; diese Gränzstreifen fielen aber fast mit den beiden Streifen der Platte I zusammen. Man kann also aus diesen Beobachtungen schliefsen, dafs die Platte IV funfzehn mal so dick ist als I; dem Gränzstreifen im Roth entspricht also ein Gangunterschied von $3 \times 15 = 45$, dem Gränzstreifen im Blau ein Gangunterschied von $4 \times 15 = 60$ Wellenlängen, um welche der eine Strahl in der Gypsplatte dem andern vorangeeilt ist. Für die zwischen beiden Gränzstreifen liegenden Streifen der Platte IV ist der Gangunterschied 46, 47, 48 . . . . . . 57, 58, 59.

Jenseits des Gränzstreifens im Roth liegen noch fünf Streifen, für die der Gangünterschied 44, 43, 42, 41 und 40; jenseits des Gränzstreifens im Blau liegen noch neun andere, für welche der Gangunterschied 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68 und 69 Wellenlängen beträgt.

Die Brechungsexponenten der verschiedenfarbigen Strahlen sind bekanntlich nicht dem umgekehrten Verhältnifs der entsprechenden Brechungsexponenten proportional; deshalb ist auch der blaue und violette Theil des Spectrums verhältnifsmäfsig mehr ausgedehnt, und daher kommt es auch, dafs die Entfernung der besprochenen dunklen Streifen von einander nicht für die ganze Ausdehnung des Spectrums gleich ist, sondern dafs die Zwischenräume von dem rothen Ende nach dem violetten hin immer gröfser werden. So ist z. B. für die Platte 3 der letzte Zwischenraum am rothen Ende 2,5, der vorletzte 2,75; die beiden letzten Zwischenräume am violetten Ende sind dagegen 4 und 4,25.

Das Verhältnifs, nach welchem die Zwischenräume zwischen den schwarzen Streifen gegen das violette Ende hin zunehmen, hängt von der Natur des Prismas ab, durch welches man das Spectrum erzeugt; das Gesetz dieser Breitenzunahme läfst sich deshalb auch nur auf empirischem Wege ermitteln.

Erman hat in seinem gelehrten Aufsatz (diese Annal. Bd. 63) ein solches Gesetz auf grofsen Umwegen und mit

ziemlichem Aufwand von mathematischen Formeln entwikkelt, die Sache läfst sich jedoch ziemlich einfach abthun.

Vergleicht man die Gröfse der Zwischenräume zwischen den dunklen Streifen, so findet man zunächst, dafs sie nach dem violetten Ende hin wachsen, und wenn man die Gröfse eines Zwischenraumes in die des nach der violetten Seite hin liegenden dividirt, so findet man fast immer einen und denselben Quotient; es ist also wahrscheinlich, dafs die Gröfse der Zwischenräume nach einer geometrischen Reihe wachse, oder besser: die Annahme, dafs die Gröfse der Zwischenräume nach einer geometrischen Reihe wachse, schliefst sich der Erfahrung mit hinlänglicher Genauigkeit an.

Wenn man jeden der an der Platte III beobachteten Zwischenräume in den folgenden dividirt, so erhält man eine Reihe von Quotienten, welche ziemlich nahe gleich sind; das Mittel aus diesen Quotienten ist 1,09113. Bezeichnen wir nun die Breite des Zwischenraums zwischen dem bei 66 beobachteten und dem nächsten Streifen mit s, den Factor 1,09113 aber mit n, so ist der nächste Zwischenraum sn, der folgende sn^2 u. s. w. Die Entfernung des ersten und letzten Streifens $66 - 36,75 = 29,25$ ist aber die Summe aller Zwischenräume, folglich ist:

$$s + sn + sn^2 + \ldots\ldots sn^7 + sn^8 = 29,25,$$

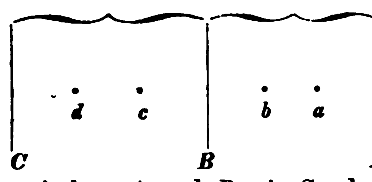
da wir ja neun Zwischenräume haben.

Setzt man für n seinen Werth 1,09113, so ergiebt sich aus dieser Gleichung $s = 2,2357$; für den nächsten Zwischenraum ergiebt sich demnach 2,4395, für den folgenden 2,6618 u. s. w. Hat man die Gröfse der einzelnen Zwischenräume berechnet, so kann man, von irgend einem Streifen ausgehend, die Lage der übrigen bestimmen. So ergiebt sich, wenn man vom Streifen bei 58,25 ausgeht, die Lage der übrigen Streifen, wie man sie in der ersten Columne der folgenden Tabelle sieht.

Lage der Streifen		
berechnet.	beobachtet.	Differenz.
65,59	66	+ 0,41
63,35	63,5	+ 0,15
60,91	60,75	− 0,16
58,25	58,25	0,00
55,35	55,25	− 0,10
52,18	52,00	− 0,18
48,72	48,5	− 0,12
44,95	45	+ 0,05
40,83	41	+ 0,17
36,34	36,75	+ 0,41

Man sieht, dafs sich die berechneten Werthe den beobachteten so gut anschliefsen, dafs man die Annahme eines Wachsthums der Zwischenräume nach einer geometrischen Reihe wenigstens für dieses Spectrum als gerechtfertigt betrachten kann.

Sehen wir nun, wie sich die mit der Platte IV gemachten Beobachtungen der Annahme anschliefsen.



In beistehender Figur seyen *A*, *B* und *C* drei aufeinanderfolgende Streifen einer dünneren Platte. Bezeichnet man den Zwischenraum zwischen *A* und *B* mit *S*, den zwischen *B* und *C* mit *S'*, so ist

$$S' = N . S.$$

Wenn man nun eine dreimal dickere Platte anwendet, so wird diese ebenfalls Streifen in *A*, *B* und *C* liefern, aber zwischen *A* und *B* sowohl als zwischen *B* und *C* erscheinen zwei neue in *a* und *b*, in *c* und *d*. Bezeichnen wir den Zwischenraum *A* und *a* mit *s*, so sind die folgenden Zwischenräume der Reihe nach:

$$ns,\ n^2 s,\ n^3 s,\ n^4 s,\ n^5 s.$$

Es ist aber:

$$s + ns + n^2 s = S$$
$$n^3 s + n^4 s + n^5 s = S',$$

folglich ist auch:

$$n^3 s + n^4 s + n^5 s = (s + ns + n^2 s)\ N$$

oder:

$$n^3(1+n+n^2)=N(1+n+n^2)$$
$$n^3=N$$
$$n=\sqrt[3]{N}$$

wenn also N der Factor ist, mit welchem man für eine bestimmte Platte einen Zwischenraum zu multipliciren hat, um den nächsten zu erhalten, so ist der entsprechende Factor für eine drei Mal dickere Platte, also für eine solche, die auf gleichem Raum drei Mal so viel Zwischenräume hat, $\sqrt[3]{N}$; oder allgemein, wenn N der Factor der geometrischen Reihe ist, welche durch die aufeinander folgenden Zwischenräume irgend eine Platte gebildet wird, so wird der Factor für die entsprechende geometrische Reihe einer andern Platte, welche auf gleichem Raum x mal mehr Zwischenräume giebt, $\sqrt[x]{N}$ seyn.

Für die Platte No. III ist $N=1,09113$. Zwischen den 11 Streifen dieser Platte sind 10 Zwischenräume; von dem äufsersten Streifen im Violett bis an die Gränze des Spectrums ist aber beinahe noch eine ganze Abtheilung, d. h. wenn man die Lage des nächsten Streifens berechnet, so findet man, dafs er nur wenig über der violetten Gränze des Spectrums hinaus liegt; rechts von dem äufsersten Streifen im Roth liegt aber auch noch ungefähr eine halbe Abtheilung, wir können also ohne merklichen Fehler auf die ganze Breite des Spectrums 11,5 Zwischenräume rechnen.

Für die Platte IV haben wir aber 30 Abtheilungen, folglich ist der Factor für die Platte IV

$$\sqrt[\frac{30}{11}]{1,09113} \text{ oder } 1,09133^{\frac{11}{30}}=1,034$$

Bezeichnet man mit s den ersten Zwischenraum am rothen Ende des Spectrums, so sind die folgenden ns, n^2s u. s. w., wenn man mit n den Factor 1,034 bezeichnet; die Entfernung der äufsersten gemessenen Streifen von einander, 37,2, ist demnach:

$$s+ns+n^2s+\ldots\ldots n^{23}s=37,2,$$

woraus sich $s=1,0276$, und danach auch die Gröfse der folgenden Zwischenräume ergiebt. Dieser Rechnung zufolge

ergiebt sich die Stellung der einzelnen Streifen, wie man in der folgenden Tabelle sieht.

Lage der Streifen berechnet.	Lage der Streifen beobachtet.	Differenz.
28,40	29	+ 0,6
30,62	31	+ 0,38
32,76	33	+ 0,24
34,84	35	+ 0,16
36,84	36,8	— 0,04
38,78	38,75	— 0,03
40,66	40,6	— 0,06
42,47	42,4	— 0,07
44,23	44,1	— 0,13
45,93	45,75	— 0,18
47,57	47,4	— 0,17
49,16	49	— 0,16
50,69	50,5	— 0,19
52,18	52	— 0,18
53,61	53,5	— 0,11
55,00	55	0,00
56,34	56,4	+ 0,06
57,64	57,8	+ 0,16
58,90	59,1	+ 0,20
60,11	60,25	+ 0,14
61,28	61,5	+ 0,22
62,42	62,75	+ 0,33
63,52	64	+ 0,38
64,59	65,1	+ 0,51
65,61	66,2	+ 0,59

Um zu untersuchen, ob die Absorptionsstreifen, welche die Jod- und Bromdämpfe liefern, demselben Gesetze folgen, wie die Interferenzstreifen der Gypsplatten, hätte man nur zu untersuchen, ob zwischen den Absorptionsstreifen dieser Dämpfe und den Interferenzstreifen einer Gypsplatte eine entsprechende Beziehung bestehe, wie zwischen den Interferenzstreifen der Platten III und IV.

Nach Erman's Untersuchungen kann man diese Frage wohl als bejahend beantwortet betrachten.

IX. *Ueber die Brechverhältnisse fester Linien in dem von verschiedenen Medien gebildeten Sonnenspectrum; von Baden-Powell.*

Die vorliegende Untersuchung ist bereits der im Jahre 1839 zu Birmingham abgehaltenen britischen Naturforscher-Versammlung vorgelegt und in dem Berichte von derselben (*Report, London* 1840, *p.* 1) veröffentlicht; da sie aber dessen ungeachtet wenig in Deutschland bekannt geworden ist, so dürfte ein Auszug von ihr auch jetzt noch nicht ohne Nutzen seyn.

Der Hr. Verfasser hat sich die Arbeiten von Fraunhofer [1]) und Rudberg [2]) zum Vorbilde genommen; er schickt deren Resultate kurz voraus und fährt dann fort, wie folgt:

Meine Beobachtungen wurden mit einem Apparat angestellt, dessen wesentliche Theile aus einem graduirten Kreise mit einem Prisma im Centro und einem kleinen achromatischen Fernrohr mit Fadenkreuz bestehen. Das Fernrohr vergröfsert etwa 10 Mal, ist auf das Prisma gerichtet, und bewegt sich mit dem Index an einem Arm um das Centrum. Der Kreis hält 10 Zoll im Durchmesser, sein Limbus ist auf Silber bis 10′ getheilt, und zwei gegenüberstehende Nonien mit Lupen geben 10″ an.

Der Schlitz, welcher die Lichtquelle vorstellt, ist etwa 0,05 Zoll breit und gebildet von den Rändern zweier Messingplatten; er war eingelassen in einen Schirm, an dessen Aufsenseite sich der gewöhnliche zum gehörigen Richten der Sonnenstrahlen dienende Apparat befand. Das Prisma war etwa 12 Fufs von ihm entfernt.

Die absolute Ablenkung eines jeden Strahls vom Nullpunkt oder dem, welcher sich beim Richten des Fernrohrs

1) Denkschrift der Acad. d. Wissensch. zu München für 1814 u. 1815, Bd. V, und Schumacher's Astron. Abhandl. (1823) Heft II.

2) Poggendorff's Ann. Bd. 14, S. 45, und Bd. 17, S. 1.

auf den Schlitz zeigte, wird somit direct beobachtet. Die Einstellung der Kante des Prisma in den Parallelismus mit dem Schlitz wird leicht gemacht, und eben so die Lage der kleinsten Ablenkung mittelst des Fadenkreuzes und der festen Linien genau gefunden. Aus den beobachteten Ablenkungen ergaben sich dann die Brechverhältnisse μ durch die bekannte Formel:

$$log.\ \mu = log.\ sin\ \frac{\delta + \iota}{2} - log.\ \frac{\iota}{2},$$

worin δ das Minimum der Ablenkung und ι den Winkel des Prisma bezeichnet.

Zu den Flüssigkeiten dienten hohle Prismen, gebildet aus genauen Parallelgläsern, deren Winkel durch ein besonderes Verfahren bestimmt wurden. Ein hineingestelltes Thermometer gab die Temperatur an.

Um sich der Identität der von ihm benutzten Linien mit den Fraunhofer'schen zu versichern, hielt der Verf. sich an die in den Münchener Denkschriften und Schumacher's Astron. Abhandlungen gegebene Abbildung des Sonnenspectrums (da die Copie derselben in der *Edinburgh Encyclopaedia* sich in mancher Hinsicht fehlerhaft erwies); an beiden Orten sind die vielen Linien in der Nähe von *G* schön dargestellt. Der Verf. verglich diese Abbildung mit dem wirklichen Sonnenspectrum, wie es sich in dem Fernrohr seines Apparats und in einem andern mit zwanzigfacher Vergröſserung darstellte. Mittelst dieser Fernröhre sah er alle kleineren der Fraunhofer'schen Zeichnung, war jedoch nicht im Stande, die beiden breiten Streifen weiter zu zerlegen. In jener Zeichnung sind sie als Massen sehr feiner, dicht zusammenliegender Linien vorgestellt, und in der wenigst brechbaren Gruppe, ihrer Mitte möglichst nahe, ist eine, etwas stärker als die übrigen, mit *G* bezeichnet. So scheint denn bei meinen Beobachtungen, sagt der Verf., die Mitte des unteren Streifens richtig für die Lage von *G* genommen zu seyn. Wie das Spectrum in des Verfassers Fernrohr erschien, geht aus Fig. 9, Taf. I, hervor.

Was die Genauigkeit der Beobachtungen und ihre Ueber-

einstimmung unter einander betrifft, sagt der Verf., dürfe man nicht vergessen, dafs das Flüssigkeits-Prisma während der ganzen Zeit nothwendig dem erwärmenden Einflufs der Sonnenstrahlen ausgesetzt ist; dadurch sind die Brechverhältnisse fortwährend kleinen Veränderungen ausgesetzt, zu deren Abhülfe es kein anderes Mittel zu geben scheint, als Vervielfältigung der Beobachtungen und Mittelnehmung aus denselben. Im Allgemeinen sind die Beobachtungen bei höheren Temperaturen weniger zuverlässig.

Die Brechverhältnisse verschiedener Medien können ohne Reduction auf eine gemeinschaftliche Temperatur nicht mit einander verglichen werden. Eine mit Zunahme der Temperatur proportionale Verminderung der Brechverhältnisse findet nur innerhalb sehr beschränkter Gränzen statt.

In vielen Medien werden die blauen und violetten Strahlen absorbirt, und in andern sind die Linien schwach oder unsichtbar; hin und wieder läfst sich ihre Lage jedoch mittelst farbiger Gläser erkennen. Einige Resultate der Art sind vom Verf. als rohe Annäherungen angeführt worden; dahin gehört namentlich das von der Ammoniakflüssigkeit, die wegen ihrer Flüchtigkeit einen solchen Mangel an Homogenität zeigt, dafs fast keine Linien sichtbar sind. Eben so gab ein Krystall von chromsaurem Bleioxyd, zu einem Prisma mit kleinem Winkel geschnitten, nur ein ganz verworrenes Spectrum, dessen blaues Ende gänzlich absorbirt war, so dafs keine Messungen ausgeführt werden konnten.

Die von dem Verf. gewonnenen Resultate sind nun folgende:

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
I. Doppelt destill. Cassiaöl, bei 10° C.						
1,5963	1,6007	1,6104	1,6249	1,6389	1,6698	1,7039.
II. dito, dito, bei 14° C.						
1,5945	1,5979	1,6073	1,6207	1,6358	1,6671	1,7025.
III. dito, dito, bei 22°,5 C.						
1,5895	1,5930	1,6026	1,6174	1,6314	1,6625	1,6985.
IV. Schwefelkohlenstoff, bei 15°,65 C.						
1,61823	1,62190	1,63083	1,64386	1,65550	1,67993	1,70196.

V.

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
V. Anisöl bei 15°,1 C.						
1,54865	1,55080	1,55725	1,56590	1,57435	1,59120	1,60842.
VI. dito (wahrscheinlich verändertes) bei 13°,25 C.						
1,5482	1,5504	1,5565	1,5650	1,5733	1,5901	1,6066.
VII. dito, bei 20°,9 C.						
1,54507	1,54730	1,55345	1,56235	1,57077	1,58815	1,60527.
VIII. Kreosot, bei 18°,2 C.						
1,53196	1,53353	1,53833	1,54523	1,55153	1,56390	1,57436.
IX. Sassafrasöl, bei 17°,2 C.						
1,52575	1,52750	1,53215	1,53870	1,54485	1,55750	1,56935.
X. Schwefelsäure, Spec. Gew. 1,835, bei 18°,6 C.						
1,4321	1,4329	1,4351	1,4380	1,4400	1,4440	1,4463.
XI. Salzsäure, spec. Gew. 1,162, bei 18°,6 C.						
1,4050	1,4065	1,4095	1,4130	1,4160	1,4217	1,4261.
XII. Salpetersäure, spec. Gew. 1,467, bei 18°,6 C.						
1,3988	1,3998	1,4026	1,4062	1,4092	1,4155	1,4206.
XIII. Alkohol, spec. Gew. 0,815, bei 17°,6 C.						
1,3628	1,3633	1,3654	1,3675	1,3696	1,3733	1,3761.
XIV. Holzessig, spec. Gew. 1,060, bei 16°,2 C.						
1,3729	1,3745	1,3760	1,3785	1,3807	1,3848	1,3884.
XV. Lösung von reinem Natron, spec. Gew. 1,34, bei 16° C.						
1,4036	1,4039	1,4075	1,4109	1,4134	1,4181	1,4221.
XVI. Lösung v. ätzendem Kali, spec. Gew. 1,42, bei 16° C.						
1,4024	1,4036	1,4061	1,4091	1,4117	1,4162	1,4199.
XVII. Steinsalz.						
1,5403	1,5415	1,5448	1,5498	1,5541	1,5622	1,5691.
XVIII. Lösung v. Chlorcalcium, bei 22°,2 C.						
1,4006	1,4016	1,4040	1,4070	1,4099	1,4150	1,4190.
XIX. Lösung von Salmiak, bei 22°,2 C.						
1,3499	1,3508	1,3529	1,3552	1,3575	1,3617	1,3650.
XX. Lösung von Salpeter, bei 22°,2 C.						
1,3457	1,3468	1,3487	1,3510	1,3533	1,3586	1,3608.

B	C	D	E	F	G	H
XXI. Lösung von Bittersalz, bei 22°,2 C.						
1,3434	1,3442	1,3462	1,3486	1,3504	1,3540	1,3570.
XXII. Lösung von salpetersaurem Quecksilber, bei 21°,6 C.						
1,3408	1,3419	1,3439	1,3462	1,3487	1,3528	1,3560.
XXIII. Lösung von Chlorbarium, bei 21°,8 C.						
1,3398	1,3406	1,3421	1,3438	1,3466	1,3504	1,3531.
XXIV. Lösung von Glaubersalz, bei 22° C.						
1,3392	1,3398	1,3419	1,3442	1,3462	1,3499	1,3528.
XXV. Lösung von Zinkchlorid, bei 22° C.						
1,3351	1,3402	1,3421	1,3444	1,3466	1,3501	1,3534.
XXVI. Lösung von salpetersaurem Wismuthoxyd, bei 22° C.						
1,3306	1,3315	1,3332	1,3355	1,3374	1,3410	1,3437.
XXVII. Lösung von salpetersaurem Bleioxyd, bei 17°,8 C.						
1,3455	1,3461	1,3482	1,3506	1,3528	1,3568	1,3600.
XXVIII. Lösung von neutral. essigs. Bleioxyd, bei 19° C.						
1,3429	1,3437	1,3455	1,3480	1,3498	1,3538	1,3571.
XXIX. Lösung von basisch. essigs. Bleioxyd, bei 15° C.						
1,3350	1,3357	1,3373	1,3398	1,3417	1,3453	1,3481.
XXX. Destillirtes Wasser [1], bei 15°,8 C.						
1,3317	1,3326	1,3343	1,3364	1,3386	1,3429	1,3448.
Dieselben Werthe reducirt auf 18°,75 C. [2] zur Vergleichung mit Fraunhofer's Angaben.						
1,3310	1,3320	1,3336	1,3357	1,3380	1,3412	1,3441.

Angenäherte Werthe in Fällen, wo es wegen der Natur der Substanz nicht wahrscheinlich ist, genauere Resultate zu erhalten:

B	C	D	E	F	G	H
XXXI. Perubalsam, bei 19°,2 C.						
1,585	1,587	1,593	1,603	1,613	1,634	1,653.
XXXII. Pimentöl, bei 19°,8 C.						
1,528	1,532	1,535	1,542	1,548	1,559	1,571.
XXXIII. Cuminöl, bei 22°,1 C.						
1,502	1,504	1,507	1,513	1,520	1,532	1,543.

1) Dasselbe, welches zu obigen Lösungen diente.

2) Durch eine der Temperatur proportionale Reduction, sagt der Verf.

B	C	D	E	F	G	H
XXXIV. Angelicaöl, bei 21° C.						
1,484	1,486	1,489	1,493	1,496	1,505	1,509.
XXXV. Chroms. Bleioxyd gelöst in Salpeters., bei 18°,6 C.						
1,369	1,372	1,374	1,376	1,379	1,384	1,389.
XXXVI. Lösung von chromsaurem Kali bei 20°,2 C.						
1,351	1,352	1,353	1,357	1,360	1,364.	
XXXVII. Ammoniakflüssigkeit, spec. Gew. 0,898, bei 15° C.						
1,345	1,346	1,348	1,350	1,353	1,355	1,360

X. *Ueber ein zweites im Tantalit (Columbit) von Baiern enthaltenes neues Metall;* *von Heinr. Rose.*

In meiner Abhandlung [1]) über die Zusammensetzung der sogenannten Tantalsäure, welche im Columbit von Bodenmais in Baiern sich findet, zeigte ich, dafs dieselbe aus zwei Säuren besteht, von denen die eine sich so bestimmt von allen bekannten metallischen Oxyden unterscheidet, dafs ich keinen Anstand nahm, sie für das Oxyd eines neuen Metalls zu halten, das ich Niobium nannte. Dasselbe verhält sich, ist es rein dargestellt worden, in der That in seinen Verbindungen so verschieden von der Tantalsäure, dafs man selbst bei einer oberflächlichen Untersuchung es leicht und sicher von derselben unterscheiden kann. Ich theilte in der angeführten Abhandlung nur die wichtigsten Resultate meiner Arbeit mit, und führte ausdrücklich an, dafs ich dieselbe in ihrer Ausführlichkeit in spätern Abhandlungen bekannt machen werde.

In der erwähnten Abhandlung sprach ich mich nicht näher über die Natur der zweiten Säure aus, die gemeinschaftlich mit der Niobsäure in dem baierschen Minerale

1) Poggendorff's Annal. Bd. 63, S. 317.

sich findet. Ich führte nur an, dafs dieselbe sehr viel Aehnlichkeit mit der Tantalsäure aus dem finnländischen Tantalit hat, und dafs ich in der nächsten Abhandlung umständlicher über dieselbe berichten werde.

Die Trennung beider Säuren, besonders so wie ich sie früher ausführte, war eine der beschwerlichsten und mühsamsten. Nachdem ich in der sogenannten Tantalsäure aus dem baierschen Columbit eine eigenthümliche Substanz vermuthet, und viele Wege vergebens angewandt hatte, um dieselbe isolirt darzustellen, gelang mir diefs annähernd, als ich die Säure auf die bekannte Weise in Chlorid verwandelte, dafs ich sie mit Kohle mengte, und das erhitzte Gemenge mit einem Strom von Chlorgas behandelte. Ich erhielt ein gelbes leicht schmelzbares, leichter sich verflüchtigendes und ein weifses nicht schmelzbares, schwerer flüchtiges Chlorid. Beide verwandelten sich durch Wasser in Metallsäuren, die durch die sich zugleich bildende Chlorwasserstoffsäure nicht aufgelöst wurden, sondern sich durch Kochen aus dem sauren Wasser absonderten, und sich von der Säure durch Waschen mit Wasser trennen liessen.

Als aber die Säure aus dem weifsen unschmelzbaren Chloride, nachdem ich dasselbe so gut wie möglich von dem gelben Chloride getrennt hatte, von neuem mit Kohle gemengt und das Gemenge mit Chlor behandelt wurde, erhielt ich immer wiederum gelbes und weifses Chlorid, zwar etwas weniger vom ersten, als wenn die Mengung der beiden Säuren, wie sie im Minerale enthalten ist, angewandt würde, aber wenn ich auch die Operation mit der Säure aus dem weifsen Chloride sehr oft wiederholte, so war es nicht möglich, aus derselben auf die beschriebene Weise ein rein weifses Chlorid, frei von gelbem zu erhalten. Ich bemerkte aber, dafs das weifse Chlorid nur zum Theil vollständig sublimirbar war. Wurde es vom gelben Chloride und auch durch Sublimation von einem weifsen nicht flüchtigen Rückstand möglichst getrennt, so gab es endlich eine Säure, die durch Behandlung mit Kohle und Chlor ein ziemlich rein weifses, vollkommen sublimirbares Chlorid gab. *Diefs Chlorid* war das des Niobiums.

Der weifse nicht sublimirbare Rückstand, mit Kohle und Chlor behandelt, gab eine grofse Menge vom gelben Chlorid und nach Wegtreibung desselben durch Sublimation von Neuem einen weifsen nicht flüchtigen Rückstand, der wiederum allein behandelt, dieselben Producte lieferte.

Als ich mit dem Verhalten dieses gelben Chlorids das verglich, das ich durch Behandlung eines Gemenges von reiner Tantalsäure (aus finnischem Tantalite erhalten) und Kohle mit Chlor darstellte, so erhielt ich zwar ein ganz ähnliches gelbes Chlorid, und einen weifsen nicht sublimirbaren Rückstand, aber die Menge desselben war weit geringer und die Erzeugung desselben konnte ganz vermieden werden, wenn bei der Bereitung des Tantalchlorids jede Spur von Feuchtigkeit und atmosphärischer Luft aufs sorgfältigste vermieden wurde. Aufserdem aber war das sublimirte gelbe Chlorid aus dem baierschen Minerale dem Tantalchlorid sehr ähnlich.

Diese Aehnlichkeit erstreckte sich aber auch auf die aus den beiden Chloriden dargestellten Säuren. Sie verhielten sich einander so gleich, dafs nur durch eine lange und anhaltende Beschäftigung mit beiden es möglich war, die Eigenschaften zu entdecken, durch welche sie sich von einander unterscheiden.

Sowohl bei der Darstellung des Tantalchlorids aus der Tantalsäure des finnischen Tantalits, besonders aber bei der des gelben Chlorids aus dem baierschen Minerale erhielt ich oft nicht unbedeutende Mengen eines rothen Chlorids, das noch flüchtiger als das gelbe Chlorid war. Dasselbe zeigte sich manchmal bei der Darstellung des Tantalchlorids gar nicht, und wenn es sich zeigte, so geschah diefs in sehr unbedeutender Menge; bei der des gelben Chlorids aus dem Bodenmaiser Columbit hingegen erhielt ich es fast immer, und in bedeutend gröfserer Quantität. Bei der Untersuchung zeigte es sich, dafs es Chlorwolfram war. Werden die Chloride einige Zeit der Luft ausgesetzt, so konnte durch Digestion mit Ammoniak das Wolfram als leicht auflösliches wolframsaures Ammoniak fortgeschafft werden.

Bisweilen wurde bei der Bereitung des Chlorids auch Zinnchlorid und auch Titanchlorid erzeugt, die durch den flüssigen Aggregatzustand leicht von den übrigen Chloriden unterschieden werden konnten. Sie zeigten sich indessen vorzüglich, wenn die Tantalsäure aus dem finnischen Tantalite in Chlorid verwandelt wurde; bei der Erzeugung des Chlorids aus dem Bodenmaiser Minerale aber nur selten.

Die Bildung der Chlorverbindungen des Wolframs und des Zinnes mufste mir in so fern auffallend seyn, als die Säuren aus denen die Chloride dargestellt wurden, im feuchten Zustand mit Schwefelammonium längere Zeit in Berührung gewesen waren. Ich mache aber auf diesen Umstand deshalb noch besonders aufmerksam, weil man ohne gänzliche Reinigung von diesen Verunreinigungen, die Chloride und die daraus dargestellten Säuren von einer andern Beschaffenheit erhalten kann.

Das gelbe Chlorid aus dem baierschen Minerale unterscheidet sich also, wie aus dem Vorhergehenden sich ergiebt, besonders dadurch von dem Tantalchlorid, dafs bei seiner Erzeugung und vielmehr bei der Verflüchtigung desselben durch höhere Temperatur sich ein weifser nicht flüchtiger Rückstand zeigt. Dieser besteht im Wesentlichen aus der Säure, die aus jenem gelben Chloride durch Zersetzung mit Wasser erhalten werden kann.

Bei der Bildung des gelben Chlorids aus dem Bodenmaiser Minerale entsteht also gemeinschaftlich mit ihm ein Acichlorid, das wie das wolframsaure Wolframchlorid durch Erhitzung in Chlorid und in Säure zerfällt.

Man kann die Bildung des Acichlorids nur auf die Weise verhindern, dafs man in die Glasröhre, in welcher das Gemenge der Säure und Kohle mit Chlorgas behandelt werden soll, hinter dasselbe eine lange Schicht von Kohle legt. Während Chlorgas durch die Röhre geleitet wird, wird zuerst diese Kohle zum starken Glühen gebracht und dann das Gemenge. Bei gehöriger Sorgfalt kann man auf diese Weise die Bildung des Acichlorids ganz vermeiden, so dafs das Chlorid von einer Stelle zur andern durch Erhitzung getrieben werden kann, ohne Säure zu hinterlassen.

Es war mir die Bildung eines Acichlorids durch Behandlung eines Gemenges von einem Oxyde und Kohle mit Chlorgas auffallend, weil ich bisjetzt immer geglaubt hatte, dafs auf diese Weise nur reine Chlorverbindungen entstehen könnten. Denn in der That, mengt man Chromoxyd und Manganoxyd mit Kohle, so erhält man nur Chromchlorid ($\text{Cr}\ \text{Cl}^3$) und Manganchlorür ($\text{Mn}\ \text{Cl}$), nie kann auf diese Weise das flüchtige chromsaure Chromsuperchlorid ($\text{Cr}\ \text{Cl}^3 + 2\dddot{\text{Cr}}$) erhalten werden.

Ich habe mich aber später überzeugt, dafs allerdings einige Oxyde, wenn sie mit Kohle gemengt der Einwirkung des Chlors ausgesetzt werden, neben Chlorid ein Acichlorid geben. Zu dieser gehört die Wolframsäure. Sie giebt bei dieser Behandlung neben vielem leicht flüchtigen rothen Chlorwolfram auch eine bedeutende Menge vom wolframsaurem Wolframchlorid, $\text{W}\,\text{Cl}^3 + 2\dddot{\text{W}}$, welches sich durch Erhitzung immer von Neuem in rothes Chlorwolfram, und in zurückbleibende Wolframsäure zersetzt, auf ähnliche Weise, wie diefs bei der Bereitung des gelben Chlorids aus der Säure des Bodenmaiser Minerals geschieht.

Die Säure aus dem gelben Chloride des Bodenmaiser Minerals, welche nebst Niobsäure in demselben enthalten ist, will ich *Pelopsäure*, und das in ihm enthaltene Metall *Pelopium* nennen, von Pelops, dem Sohne des Tantalus, und dem Bruder der Niobe, um zu gleicher Zeit mit diesem Namen nicht nur das Zusammenvorkommen desselben mit dem Oxyde des Niobiums anzudeuten, sondern auch ganz besonders die überaus grofse Aehnlichkeit der Pelopsäure mit der Tantalsäure aus den finnischen Tantaliten.

Diese Aehnlichkeit ist in der That so grofs, wie sie sonst kaum zwischen den Verbindungen zweier einfacher Metalle stattfindet. Sie ist so bedeutend, dafs ich mich erst nach einer langen anhaltenden und gründlichen Untersuchung zu der Bekanntmachung der gefundenen Resultate entschlossen habe.

Die Verbindungen des Niobs hingegen sind von denen des Pelops und des Tantals sehr verschieden. Obgleich

ich, wie ich schon früher anführte, von ihnen in einer eignen Arbeit ausführlich reden werde, so will ich doch jetzt schon, bei der Auseinandersetzung der Eigenschaften durch welche sich die Tantal- von den entsprechenden Pelopverbindungen unterscheiden, auch der des Niobs Erwähnung thun.

Was die Chloride betrifft, so unterscheidet sich das Tantalchlorid vom Pelopchlorid in so fern, als das letztere zu seiner Erzeugung eine etwas geringere Hitze erfordert, als das Tantalchlorid. Aber eine geringere Hitze als zur Erzeugung dieser beiden Chloride ist zur Entstehung des Niobchlorids erforderlich, obgleich dieses schwerer flüchtig ist als die beiden gelben Chloride. Diese Erzeugung bei einer gröfseren oder geringeren Hitze hängt mit der Eigenschaft der Metalle zusammen, schwerer oder leichter aus ihren Verbindungen reducirt werden zu können.

Die Flüchtigkeit und Schmelzbarkeit des Tantal- und des Pelopchlorids sind übrigens nicht sehr verschieden. Beide fangen schon vor dem Schmelzen an sich zu verflüchtigen, das Pelopchlorid bei 125° C., das Tantalchlorid bei 144° C. Ersteres schmilzt bei 212° C. zu einer gelben Flüssigkeit, letzteres bei 221° C. Das geschmolzene Pelopchlorid erstarrt etwas früher als das Tantalchlorid.

Das Tantalchlorid mit concentriter Schwefelsäure übergossen entwickelt ohne Wärmeentwicklung Chlorwasserstoffgas, und löst sich in der Kälte, oder durch Unterstützung einer sehr geringen Wärme zu einer nicht völlig klaren Flüssigkeit auf. Wird dieselbe gekocht, so trübt sie sich stark, und gerinnt beim Erkalten zu einer weifsen opalisirenden Gallerte. Wird dieselbe mit Wasser verdünnt, so löst das saure Wasser nur Spuren von Tantalsäure, und wird das Ganze gekocht fast nichts von derselben auf. — Auch das Pelopchlorid löst sich in concentrirter Schwefelsäure auf; die Auflösung trübt sich ebenfalls durchs Kochen und bildet beim Erkalten eine ähnliche doch nicht so dicke Gallerte wie das Tantalchlorid unter gleichen Umständen. Wird dieselbe mit Wasser verdünnt, so löst

sich im sauren Wasser ein Theil der Pelopsäure auf; wird das Ganze aber gekocht, so enthält die abfiltrirte Flüssigkeit fast nichts von derselben. — Das Niobchlorid löst sich beim gelinden Erwärmen vollkommen klar in concentrirter Schwefelsäure auf; die Auflösung trübt sich nicht durch starkes Kochen. Wird die Auflösung mit kaltem Wasser verdünnt, so bleibt sie vollkommen klar, aber durchs Kochen trübt sie sich, und die Niobsäure wird vollkommen aus der Ausflösung gefällt.

Wird das Tantalchlorid mit Chlorwasserstoffsäure übergossen, so löst es sich in der Kälte zu einer trüben Flüssigkeit auf. Nach längerer Zeit gerinnt dieselbe zu einer opalisirenden ziemlich steifen Gallerte. Kaltes Wasser löst aus derselben nur Spuren von Tantalsäure auf, die auch nach dem Kochen aufgelöst bleiben. Tantalchlorid kochend mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, löfst sich nicht vollständig darin auf; es wird nach dem Erkalten keine Gallerte gebildet. Setzt man darauf Wasser hinzu, so löst sich alles zu einer opalisirenden Flüssigkeit auf, die durchs Kochen nicht stärker getrübt wird. Schwefelsäure bringt aber in derselben schon in der Kälte nach einiger Zeit einen voluminösen Niederschlag hervor. — Das Pelopchlorid, mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, löst sich ebenfalls darin auf; auch diese Auflösung trübt sich nach längerer Zeit, und gerinnt. In Wasser löst sich das Ganze nicht vollkommen auf; die filtrirte Auflösung ist opalisirend, und enthält viel Pelopsäure, die aus der Flüssigkeit durchs Kochen fast ganz gefällt wird. Kocht man dagegen das Pelopchlorid mit Chlorwasserstoffsäure, so erhält man eine unklare Auflösung, die nicht zu einer Gallerte gerinnt. Setzt man zu derselben Wasser, so bildet dasselbe eine klare Flüssigkeit, die durchs Kochen nicht getrübt wird. Setzt man zu derselben Schwefelsäure, so entsteht durch dieselbe keine Fällung in der Kälte, wohl aber durchs Kochen. — Wird Niobchlorid mit Chlorwasserstoffsäure kalt behandelt, so löfst es sich nicht darin auf und gerinnt damit nicht zu einer Gallerte. Wird die Masse mit Wasser über-

gossen, so bleibt die Niobsäure ungelöst, und die abfiltrirte Flüssigkeit enthält sehr wenig von derselben. Wird hingegen das Niobchlorid mit Chlorwasserstoffsäure gekocht, so wird es zwar ebenfalls nicht von derselben aufgelöst, gerinnt auch nicht zu einer Gallerte, aber bei der Verdünnung mit Wasser löst sich Alles auf, und die Niobsäure wird aus der Auflösung selbst nicht durchs Kochen gefällt. Wird aber zu derselben Schwefelsäure gesetzt, so erfolgt schon in der Kälte eine Trübung und durchs Kochen wird alle Niobsäure gefällt.

Kommt hingegen nur wenig Chlorwasserstoffsäure mit den Hydraten der Säuren in Berührung, so ist der Erfolg ein anderer. Diefs ist der Fall, wenn die Chloride der drei Metalle mit vielem Wasser behandelt werden. Wird Niobchlorid mit vielem Wasser übergossen, so bildet zwar die ausgeschiedene Niobsäure ein milchichtes Gemenge mit der Flüssigkeit, aber beim Kochen scheidet sie sich, als coagulirte Flocken, ähnlich dem Chlorsilber, aus, die abfiltrirte Flüssigkeit enthält alle Chlorwasserstoffsäure und keine Spur von Niobsäure. Durch diese Eigenschaft des Niobchlorids eignet es sich gut zu einer quantitativen Untersuchung, und von allen Verbindungen des Niobs ist es besonders das Chlorid, durch welches das Atomgewicht desselben am besten bestimmt werden kann. Das Chlorid mufs zu diesem Zwecke mit der gröfsten Vorsicht bereitet worden seyn. — Aus dem Pelopchlorid, wird dasselbe mit vielem Wasser übergossen, und damit gekocht, sondert sich die Säure ebenfalls vollständig aber nicht in coagulirten Flocken ab; die Säure läuft aber langsam durchs Filtrum und läfst sich schwer filtriren. Dessen ungeachtet ist keine Verbindung des Pelops geeigneter, um zur Bestimmung des Atomgewichts zu dienen, als das Chlorpelop in seinem höchsten Zustande der Reinheit, wenn es mit grofser Vorsicht mit vielem Wasser behandelt und damit erhitzt wird. — Das Tantalchlorid kann aber nicht durch Erhitzen mit Wasser vollständig zerlegt werden. Die abgeschiedene Tantalsäure geht gern etwas opalisirend durchs Filtrum, und ist

durch langes Aussüfsen mit Wasser schwer von aller Chlorwasserstoffsäure zu befreien. Dahingegen kann das Chlor tantal für eine genaue Untersuchung am besten durch vieles Wasser zersetzt werden, zu welchem Ammoniak hinzugefügt worden ist. Die Säure scheidet sich dadurch vortrefflich schon in der Kälte in geronnenen Flocken aus, und kann ganz rein durch Auswaschen erhalten werden, während der ganze Chlorgehalt des Chlorids in der abfiltrirten Flüssigkeit enthalten ist. — Diese Methode kann hingegen weder beim Pelopchlorid, noch weit weniger beim Niobchlorid angewandt werden. Die Ammoniakhaltige Flüssigkeit ist nicht ohne Einflufs auf die Säuren, löst etwas von ihnen auf, oder bildet damit Verbindungen, von denen die Flüssigkeit durch Filtriren nicht zu trennen ist. Diefs ist vorzüglich bei der Zersetzung des Niobchlorids durch Ammoniak der Fall.

Wird Tantalchlorid mit einer Auflösung von Kalihydrat erhitzt, so wird es zum Theil aufgelöst; aber eine Auflösung von kohlensaurem Kali ist nicht im Stande, wenn es mit Tantalchlorid behandelt wird, Tantalsäure aufzulösen, auch wenn sie damit gekocht wird. — Vom Pelopchlorid wird eine gröfsere Menge als vom Tantalchlorid gelöst, wenn es mit einer Auflösung von Kalihydrat behandelt wird, und auch eine Auflösung von kohlensaurem Kali löst eine nicht unbedeutende Menge von Pelopsäure aus dem Pelopchlorid beim Kochen auf. — Niobchlorid wird schon in der Kälte vollständig in einer Auflösung von Kalihydrat gelöst, und auch von einer Auflösung von kohlensaurem Kali, wenn es damit gekocht wird.

Die Tantalsäure bleibt beim Glühen weifs, oder nimmt nur einen sehr entfernten Stich ins Gelbliche an. Die Pelopsäure wird schwach gelblich durchs Glühen, doch weit mehr als die Tantalsäure. Dahingegen wird die Niobsäure durchs Glühen stark gelb, doch beim Erkalten wie die Pelopsäure so weifs wie vor dem Glühen.

Alle drei Säuren zeigen, wenn ihre Hydrate erhitzt werden, sehr starke Feuererscheinungen. Diefs ist indessen

nicht der Fall, wenn die schwefelsauren Verbindungen mit Ammoniak behandelt, und dann geglüht werden.

Erhitzt man die Tantalsäure im starken Kohlenfeuer, während man Wasserstoffgas darüber strömen läfst, so bleibt sie weifs. Die Pelopsäure wird dadurch schwarz; die Niobsäure wird noch schwärzer dadurch, als die Pelopsäure. Aber die Reductionen, welche diese Säuren durch Wasserstoffgas erleiden, sind im hohen Grade unbedeutend. Denn es können hierbei nur zweideutige Spuren von gebildetem Wasser bemerkt werden, und die geschwärzten Säuren werden durchs Glühen beim Zutritt der Luft schnell weifs, ohne eine bemerkbare Gewichtszunahme zu erleiden.

Wird aber die Tantalsäure im starken Kohlenfeuer in einem Strom von getrocknetem Ammoniakgase geglüht, so wird sie, unter Bildung von sehr geringen Mengen von Wasser, grau. Die Pelopsäure wird dadurch schwarz unter Bildung von vielem Wasser. Die Niobsäure verhält sich in dieser Hinsicht wie die Pelopsäure.

Behandelt man Tantalsäure im starken Kohlenfeuer mit Schwefelwasserstoffgas, so wird sie schwach grau; es verflüchtigen sich hierbei Spuren von Schwefel; es kann aber kein gebildetes Wasser bemerkt werden. Pelopsäure hingegen wird unter Bildung von Wasser und Abscheidung von Schwefel langsam in Schwefelpelop verwandelt. Eben so verwandelt sich durch Schwefelwasserstoffgas Niobsäure in schwarzes Schwefelniob unter Bildung von Wasser und Abscheidung von Schwefel.

Chlortantal wird in der Kälte durch Schwefelwasserstoffgas nicht geschwärzt, wohl aber unter Abscheidung von Chlorwasserstoffgas beim Erhitzen in Schwefeltantal verwandelt. Chlorpelop wird schon in der Kälte durch Schwefelwasserstoffgas geschwärzt und geht unter Abscheidung von Chlorwasserstoff in Schwefelpelop über. Chlorniob wird in der Kälte durch Schwefelwasserstoffgas nicht geschwärzt, erst in der Hitze, dann aber wird es sehr leicht in Schwefelniob verwandelt.

Wird Schwefeltantal mit trocknem Chlorgas behandelt,

so wird es in der Kälte leicht angegriffen obgleich nicht ganz vollständig zersetzt; nur durchs Erhitzen geschieht eine vollständige Zerlegung. Schwefelpelop hingegen wird durch trocknes Chlorgas in der Kälte nicht im Mindesten angegriffen, wie lange man es auch damit in Berührung läfst. Nur durchs Erhitzen erfolgt eine Zersetzung. Schwefelniob erleidet schon in der Kälte leicht eine Zersetzung unter Wärmeentwicklung. — Von den Producten, die sich bei Erhitzung dieser Schwefelmetalle in Chlorgas bilden, soll später die Rede seyn.

Aus dem Chlorpelop kann durch Behandlung mit Ammoniakgas das metallische Pelopium auf ähnliche Weise dargestellt werden, wie die Metalle aus dem Chlortantal und Chlorniob. Das metallische Pelopium hat die meiste Aehnlichkeit mit dem metallischen Tantal.

Werden die geglühten Säuren, welche in fast allen Reagentien auf nassem Wege unlöslich sind, mit Kalihydrat im Silbertiegel geschmolzen, so lösen sie sich beim Schmelzen in demselben auf. Die geschmolzene Masse ist im Wasser auflöslich.

Auf eine andere Weise verhält sich Natronhydrat. Wird dasselbe mit den geglühten Säuren geschmolzen, so bekommt man keine klare geschmolzene Massen, es bildet sich ein unauflöslicher Bodensatz, der in keinem Ueberschufs des Alkalis auflöslich ist. Behandelt man die geschmolzene Masse mit nicht zu vielem Wasser, so löst diese das überschüssige Natron auf, und es bleibt eine weifse Masse ungelöst. Die Auflösung enthält keine Spur von den Säuren, wenn bei der Auflösung nicht zu viel Wasser angewandt worden ist. Uebergiefst man, nach Abscheidung des freien Natrons, die ungelöste Masse mit vielem Wasser, so löst sie sich in demselben auf, und zwar am vollständigsten, wenn Niobsäure angewandt worden ist. Die Tantalsäure giebt gewöhnlich eine opalisirende Flüssigkeit, weniger thut diefs die Pelopsäure.

Die Unlöslichkeit der Verbindungen der drei Säuren mit Natron in überschüssigem Natron, während die Kali-

verbindungen im überschüssigen Kali auflöslich sind, charakterisirt dieselben wesentlich. Sie unterscheiden sich hierdurch von ähnlichen Säuren, namentlich von der Wolframsäure.

Werden die Auflösungen der Natronsalze mit den concentrirten Auflösungen der Natronhydrate vermischt, so trüben sie sich sogleich. Geschieht die Vermischung äufserst langsam und vorsichtig, so kann man alle drei Natronsalze krystallisirt erhalten; die Krystalle setzen sich an die Wände des Gefäfses an.

Aber nur die Krystalle des niobsauren Natrons können leicht schön dargestellt werden. Es glückte mir, sie von der Gröfse eines halben Zolles und gröfser zu erhalten, gewöhnlich aber bekommt man sie von geringerer Gröfse. In kaltem Wasser sind sie schwerlöslich, im warmen Wasser weit auflöslicher. Die Auflösung kann gekocht werden, ohne sich zu trüben; man kann sie auch abdampfen, und kann das niobsaure Natron von seinem Krystallwasser durch eine Hitze, welche den Siedpunkt des Wassers nicht übersteigt, befreien, ohne es zu zersetzen. Es löst sich nach dieser Behandlung im Wasser wieder vollständig auf. Nur durchs Glühen wird das Salz im Wasser unlöslich.

Das pelopsaure und das tantalsaure Natron sind von geringerer Beständigkeit. Werden die Auflösungen derselben gekocht, so scheidet sich aus ihnen ein unlöslicher weifser Niederschlag, der ein saures Natronsalz ist, ab. Diefs ist aber in bei weitem gröfserm Maafse beim tantalsauren als beim pelopsauren Natron der Fall. — Werden beide Natronsalze aus ihren Auflösungen durch Fällung mit einer Natronauflösung in der Kälte erhalten, so lösen sie sich nach dem Trocknen, selbst wenn dasselbe bei der Lufttemperatur über Schwefelsäure geschieht, nicht mehr vollständig im Wasser auf. Beim pelopsauren Natron ist diefs aber in einem weit geringerem Maafse der Fall als bei dem tantalsauren.

Wird das niobsaure Natron durch ein starkes Kohlenfeuer zur starken Rothgluht gebracht, während ein Strom

von trocknem Schwefelwasserstoffgas darüber geleitet wird, und der Versuch so lange fortgesetzt, bis kein Wasser und Schwefel mehr entweicht, so hat sich dasselbe nicht in ein Schwefelsalz verwandelt. Der Versuch mufste zwei Tage fortgesetzt werden. Es wurde eine dunkel schwarze, krystallisirte glänzende Masse erhalten, aus welcher Wasser wasserstoffschwefliges Schwefelnatrium auszog, in welchem keine Spur von einer Niobverbindung zu entdecken war. Unaufgelöst blieb krystallinisches Schwefelniob.

Wird zu diesem Versuche ein Gemenge von Niobsäure mit überschüssigem kohlensauren Natron angewandt, das vor der Behandlung mit Schwefelwasserstoffgas nur einer solchen Hitze ausgesetzt worden war, dafs es zusammensinterte, nicht schmolz, so wurde die Masse nicht schwarz, auch nicht nach dem vollständigen Schmelzen. Kaltes Wasser hinterliefs bei der Behandlung weifses saures niobsaures Natron, und löste wasserstoffschwefliges Schwefelnatrium auf, das kein Schwefelniob enthielt.

Wird pelopsaures Natron auf ähnliche Weise mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, so bildet sich Schwefelpelop, die Masse wird braunschwarz, aber es wird ebenfalls kein Schwefelsalz gebildet. — Das tantalsaure Natron bleibt aber bei der Behandlung mit Schwefelwasserstoffgas weifs; aber der Natrongehalt desselben wird in wasserstoffschwefliges Schwefelnatrium verwandelt.

Das saure pelopsaure Natron, das dem sauren tantalsaurem Natron ähnlich ist, unterscheidet sich von demselben namentlich durch sein Verhalten gegen Schwefelwasserstoffgas. Bei der Rothglühhitze wird das saure pelopsaure Natron durch Bildung von Schwefelpelop schwarz, beim Erkalten erscheint es dunkelbraun. Mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, entwickelt das Product zwar etwas Schwefelwasserstoffgas aus der kleinen Menge des gebildeten wasserstoffschwefligen Schwefelnatriums, das Schwefelpelop wird aber davon nicht angegriffen. Erst nach Zusatz von Salpetersäure bildet sich weifse Pelopsäure unter Entwicklung von rothen Dämpfen. — Das saure tantalsaure Natron hin-

gegen wird von Schwefelwasserstoffgas nicht verändert und bleibt weifs.

Das saure pelopsaure, und das saure tantalsaure Natron werden beide durch Wasserstoffgas bei der Rothglühhitze nicht verändert. Ersteres wird zwar dadurch graubraun, doch nicht bedeutend.

Wird Niobsäure mit einem Ueberschufs von kohlensaurem Natron so lange geschmolzen, bis die geschmolzene Masse nicht mehr an Gewicht abnimmt, so stimmen die vielfältig angestellten Versuche darin überein, dafs der Sauerstoff der ausgetriebenen Kohlensäure noch einmal so grofs ist, wie der der angewandten Niobsäure. Das erzeugte niobsaure Natron löst sich vollständig im Wasser auf, wenn zuerst das kohlensaure Natron durch Wasser ausgezogen worden ist. Diefs ist aber nothwendig, denn die Natronsalze der drei Säuren sind in den Auflösungen des kohlensauren Natrons unlöslich, wie in Auflösungen von Natronhydrat. — Beim Schmelzen der Pelopsäure und der Tantalsäure hingegen konnten, wenn sie auf gleiche Weise mit kohlensaurem Natron geschmolzen wurden, nicht übereinstimmende Resultate erhalten werden. Durch langes und anhaltendes Schmelzen von Tantalsäure mit überschüssigem kohlensauren Natron wurde aus letzterem so viel Kohlensäure ausgetrieben, dafs der Sauerstoffgehalt derselben dem der angewandten Tantalsäure gleich war. Wurde aber das Schmelzen noch länger fortgesetzt, so wurden nach und nach immer noch kleine Mengen von Kohlensäure verjagt, und noch basischere Verbindungen gebildet, so dafs sich endlich der Sauerstoff der Tantalsäure zu dem der ausgetriebenen Kohlensäure wie 3 zu 4 verhielt. Aber dessen ungeachtet löste sich selbst dieses so basische Salz nicht unzersetzt im Wasser auf, sondern hinterliefs viel saures tantalsaures Natron ungelöst. — Die Pelopsäure, mit überschüssigem kohlensaurem Natron geschmolzen, treibt die Kohlensäure leichter aus demselben als die Tantalsäure und endlich ebenfalls so viel, dafs der Sauerstoffgehalt derselben den der angewandten Pelopsäure übertrifft. Dieses

sehr

sehr basische pelopsaure Natron löst sich, nach Ausziehung des überschüssigen kohlensauren Natrons, vollständig in Wasser auf, und unterscheidet sich dadurch wesentlich von dem auf ähnliche Weise dargestellten tantalsauren Natron.

Werden die drei Säuren mit kohlensaurem Kali geschmolzen, so zeigen sich ähnliche Erscheinungen, aber die Kalisalze sind eben so wenig in dem überschüssigen kohlensauren Kali unlöslich wie im Kalihydrat. Aber weder durch Schmelzen mit kohlensaurem Kali, noch mit Kalihydrat kann man reine Kalisalze erhalten. Durch Schmelzen von Niobsäure mit kohlensaurem Kali erhält man nach der Auflösung mit Wasser eine krystallinische Verbindung von kohlensaurem und niobsaurem Kali, aus welchem ersteres auf keine Weise vom letzteren abzuscheiden möglich ist. — Auch selbst beim Schmelzen von Tantalsäure mit kohlensaurem Kali erhielt ich ein ähnliches krystallinisches Doppelsalz, welches aber leicht sehr viel unlösliches saures tantalsaures Kali in der Auflösung absetzte, wenn dieselbe abgedampft, oder auch nur längere Zeit aufbewahrt wurde.

Wenn Tantalsäure mit einem kohlensauren Alkali, namentlich mit kohlensaurem Kali, geschmolzen worden ist, so bleibt bei der Behandlung der geschmolzenen Masse mit Wasser der gröfste Theil der Tantalsäure als saures Salz ungelöst, auch wenn die Temperatur beim Schmelzen eine hohe gewesen ist. Wird die filtrirte Auflösung gekocht oder gar bis zur Trocknifs abgedampft und die trockne Masse mit Wasser behandelt, so zeigt sich wiederum saures tantalsaures Alkali, und durch längeres Kochen und Abdampfen kann man endlich alle Tantalsäure als saures Salz abscheiden.

Beim Schmelzen der Pelopsäure mit kohlensaurem Alkali bleibt gewöhnlich, wenn das Schmelzen nicht zu lange gewährt hat, bei Behandlung der geschmolzenen Masse mit Wasser auch saures pelopsaures Alkali ungelöst, aber in allen Fällen in ungleich geringerer Menge; dampft man die Auflösung ab, so werden dadurch nur geringe Mengen von Pelopsäure als saures Salz abgeschieden.

Nur wenn Niobsäure bei niedrigen Temperaturen oder kürzere Zeit mit kohlensaurem Alkali geschmolzen wird, so dafs aus letzterem nicht alle Kohlensäure ausgetrieben wird, die durch eine längere und stärkere Hitze verjagt werden könnte, zeigt sich nach der Behandlung mit Wasser unlösliches saures niobsaures Alkali. Ist das Schmelzen länger fortgesetzt worden, so löst sich die geschmolzene Masse vollständig im Wasser auf, wenn nämlich, im Fall kohlensaures Natron angewandt wurde, dasselbe durch Wasser fortgewaschen worden ist.

Wird die Auflösung des tantalsauren Natrons oder Kalis durch Chlorwasserstoffsäure oder Schwefelsäure sauer gemacht, so bewirkt Galläpfeltinctur in der Flüssigkeit einen lichtgelben Niederschlag. Es entsteht dieser Niederschlag, wie ich schon in meiner früheren Abhandlung bemerkt habe, sowohl wenn die Tantalsäure durch ein Uebermaafs von Chlorwasserstoffsäure fast ganz aufgelöst worden war, oder wenn durch Schwefelsäure ein dicker weifser Niederschlag von Tantalsäure sich gefällt hat; letzterer nimmt durch Hinzufügung von Galläpfeltinctur nach einiger Zeit dieselbe lichtgelbe Farbe an. — In den Auflösungen der pelopsauren Alkalien entsteht unter ähnlichen Umständen ein oraniengelber, in den der niobsauren Alkalien ein dunkel oranienrother Niederschlag.

Eine Auflösung von Kaliumeisencyanür bringt in den Auflösungen der tantalsauren Alkalien, nachdem sie höchst schwach sauer gemacht worden sind, einen gelben Niederschlag hervor, in den der pelopsauren Alkalien einen bräunlichrothen, und in den der niobsauren Alkalien einen rothen.

Eine Auflösung von tantalsaurem Alkali, Kali sowohl als Natron, wird durch eine Auflösung von Chlorammonium in der Kälte gänzlich gefällt, die der pelopsauren Alkalis nicht so vollständig, noch weit weniger vollständig die des niobsauren Alkali's. Die Niederschläge sind saure Salze der Säuren mit feuerbeständigem Alkali und Ammoniumoxyd. Der Gehalt an letzterem ist nur gering; aber glüht man den getrockneten Niederschlag, so riecht er beim anfangenden Glühen deutlich nach Ammoniak.

Setzt man zu den Auflösungen der alkalischen Salze der drei Säuren kohlensaures Kali oder kohlensaures Natron, nachdem die Auflösung so verdünnt worden war, dafs durch letzteres keine Fällung entstehen kann, so wird in der Auflösung die Fällung durch Chlorammonium verhindert. Man mufs alsdann lange kochen, um das kohlensaure Alkali zu zersetzen, oder wenigstens alles lange stehen lassen, wenn eine Fällung sich zeigen soll. — Setzt man zu dem Niederschlag, der durch Chlorammonium entstanden ist, kohlensaures Alkali, so wird er aufgelöst, am leichtesten geschieht diefs bei dem Niederschlage, der in den niobsauren Alkalien entstanden ist.

Schwefelsaures Ammoniumoxyd bringt dieselben Niederschläge wie Chlorammonium hervor. Dieselben zeigen auch dasselbe Verhalten gegen kohlensaure Alkalien.

Wird eine Auflösung eines tantalsauren Alkalis mit einem Uebermaafs von Chlorwasserstoffsäure versetzt, so löst sich die abgeschiedene Tantalsäure zu einer schwach opalisirenden Flüssigkeit auf. Verdünnte Schwefelsäure fällt in einer solchen Auflösung Tantalsäure, besonders wenn das Ganze gekocht wird; aber die Ausscheidung der Tantalsäure wird dadurch nicht ganz vollständig bewirkt. Auch die Auflösung des pelopsauren Alkalis wird durch ein Uebermaafs von Chlorwasserstoffsäure zu einer opalisirenden Flüssigkeit aufgelöst, in welcher aber durch verdünnte Schwefelsäure die Pelopsäure kochend gänzlich gefällt wird. — Die Niobsäure wird aus der Auflösung des niobsauren Natrons durch Chlorwasserstoffsäure gröfstentheils gefällt, sowohl in der Kälte, noch mehr beim Kochen, und ein Uebermaafs der Säure löst nicht viel auf, so dafs in der abfiltrirten Flüssigkeit nur Spuren von Niobsäure zu finden sind. Auch Schwefelsäure scheidet aus den Auflösungen der niobsauren Alkalien die Niobsäure schon in der Kälte vollständig.

Es finden indessen bei den Fällungen der drei Säuren aus ihren alkalischen Auflösungen oft sonderbare Erscheinungen statt, von denen ich erst in meinen spätern Abhandlungen umständlich werde berichten können.

Aus einer Auflösung eines tantalsauren Alkalis wird durch Kohlensäuregas ein saures Salz gefällt. Eben so aus der eines pelopsauren Alkalis, aber weit langsamer und schwerer. Deshalb trübt sich die neutrale Auflösung von tantalsaurem Natron schon von selbst an der Luft, während die des pelopsauren Natrons durchs Stehen an der Luft auch nach langer Zeit nicht getrübt wird, was für dasselbe charakteristisch ist. — Auch in der Auflösung eines niobsauren Alkalis bringt Kohlensäuregas eine Fällung hervor, aber nach aufserordentlich langer Zeit; die Fällung löst sich aber schon durch vieles Wasser auf.

Wird Niobsäure mit saurem schwefelsauren Kali geschmolzen, so löst sie sich in demselben leicht zu einer klaren Masse auf, die beim Erkalten krystallinisch erstarrt. Die geglühte Säure ist selbst auch im schmelzenden sauren schwefelsauren Ammoniumoxyd leicht auflöslich, und bildet mit demselben eine geschmolzene klare Masse, die, wenn viel überschüssige Schwefelsäure vorhanden ist, zu einem dicken klaren Syrup erstarrt. Mit Wasser giebt er eine opalirende Flüssigkeit, aus welcher durchs Kochen die Niobsäure vollständig gefällt wird.

Die Pelop- und die Tantalsäure lösen sich ebenfalls beim Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali in demselben auf. Die erkalteten Massen sind indessen nicht krystallinisch. Beim Kochen mit Wasser blieben die Säuren mit Schwefelsäure verbunden ungelöst zurück.

Die Verbindungen der drei Säuren mit Schwefelsäure lassen sich nicht von einer bestimmten Zusammensetzung erhalten. Durch Wasser kann man die Schwefelsäure von den metallischen Säuren trennen, und obgleich diese Trennung sehr schwer von statten geht, so kann sie doch vollständig gelingen. Es ist mir geglückt, bei nicht zu grofsen Mengen, alle drei Säuren durch ein langes und anhaltendes Auswaschen mit heifsem Wasser so vollkommen von ihrem Gehalte an Schwefelsäure zu befreien, dafs die filtrirte Flüssigkeit endlich keine Trübung durch Baryterdesalze mehr zu erkennen gab. Es gehört aber hierzu eine unaus-

gesetzte Behandlung der Säuren mit heifsem Wasser, die fast ein Monat dauert. Aber während dieses langen Waschens nimmt der Schwefelsäuregehalt gleichmäfsig ab, so dafs man in der langen Zeit durchaus nicht zu bestimmen im Stande ist, wann das schwefelsaure Kali und die überschüssige Schwefelsäure ausgewaschen ist, und die mit den metallischen Säuren verbundene Säure anfängt sich aufzulösen.

Ist aber das Auswaschen so lange fortgesetzt worden, dafs die filtrirte Auflösung keine Spur einer Trübung mit einem Baryterdesalze zeigt, so ist auch keine Schwefelsäure in den metallischen Säuren mehr enthalten. Behandelt man sie darauf mit Ammoniak so löst dasselbe nichts mehr von Schwefelsäure auf. Die ammoniakalische Flüssigkeit geht gewöhnlich etwas trübe durchs Filtrum, aber durch einen Zusatz von Chlorammonium wird sie klar und kann filtrirt werden.

Will man aus gröfseren Mengen der Säuren, wenn sie mit saurem schwefelsauren Kali geschmolzen worden sind, und man die geschmolzenen Massen mit Wasser behandelt hat, die Schwefelsäure schnell fortschaffen, so mufs man sie auf dem Filtrum mit Ammoniak übergiefsen, und dann auswaschen. Man mufs indessen diese Behandlung mit Ammoniak erst dann anfangen, wenn der gröfste Theil des sauren schwefelsauren Kalis durch Wasser fortgeschafft ist, weil dieses weit leichter durch Wasser auszuwaschen ist, als wenn es sich in neutrales Salz verwandelt hat.

Ich habe schon oben bemerkt, dafs die Chlorwasserstoffsäure von den drei metallischen Säuren ebenfalls durch Wasser vollkommen fortgeschafft werden kann und zwar ungleich leichter als die Schwefelsäure.

Wird zu der Auflösung des niobsauren Alkalis Chlorwasserstoffsäure oder Schwefelsäure, und darauf eine Zinkstange gesetzt, so nimmt die ausgeschiedene Niobsäure sehr bald eine schöne rein blaue Farbe an. Nach und nach wird dieselbe schmutziger, und endlich braun. — Hat man zu einer Auflösung eines pelopsauren Alkalis Chlorwasser-

stoffsäure und Zink gefügt, so nimmt die Pelopsäure keine blaue Farbe an; sie wird nur etwas minder weiſs und erhält einen kleinen Stich ins Gräuliche. Nach einem Zusatz von Schwefelsäure entsteht darauf sogleich eine schöne blaue Farbe. Diese wird nach einiger Zeit minder rein und schmutziger, aber nicht braun, wie man wohl aus dem Verhalten der Pelopsäure zu den Flüssen vor dem Löthrohr Ursach zu vermuthen hat. Wird Pelopchlorid mit Schwefelsäure übergossen, dann Wasser und Zink hinzugesetzt, so erhält man die blaue Farbe am schönsten. Sie erzeugt sich auch schon, wenn Pelopchlorid in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, und darauf Wasser und Zink hinzugefügt wird. — Tantalsaures Alkali, durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt, giebt mit Zink keine blaue Farbe, wie ich dieſs auch schon in meiner frühern Abhandlung bemerkt habe. Auch selbst nach einem Zusatz von Schwefelsäure entsteht nur eine undeutliche blaue Farbe. Später fand ich aber, daſs man die blaue Farbe beim Tantal sehr schön auf die Weise erzeugen kann, daſs man Tantalchlorid in concentrirter Schwefelsäure löst, und darauf Wasser und Zink hinzufügt. Die blaue Farbe geht nicht ins Braune über, aber die blaue Säure wird bald wieder weiſs. Tantalchlorid, selbst auch in Chlorwasserstoffsäure gelöst und mit wenigem Wasser behandelt, giebt mit Zink die blaue Farbe; sie entsteht aber nicht beim Zusatz von vielem Wasser, und dann kann selbst Schwefelsäure sie nicht recht deutlich hervorbringen.

Vor dem Löthrohr verhalten sich die drei Säuren sehr verschieden.

Die Tantalsäure löst sich im Phosphorsalz in groſser Menge zu einem klaren farblosen Glase auf. In der innern Flamme erleidet dasselbe keine Veränderung. Nach einem äuſserst starken Zusatze von Tantalsäure und nur nach sehr langem Blasen, nimmt es eine äuſserst schwach hellgelbe Farbe an, die indessen sehr wenig bemerkbar ist und beim Erkalten verschwindet. Ein Zusatz von Eisenvitriol macht die Perle in der innern Flamme nicht blutroth.

Auch die Pelopsäure wird im Phosphorsalz in der äu-

ſsern Flamme zu einem klaren farblosen Glase in groſser Menge aufgelöst. In der innern Flamme bleibt das Glas klar, wird aber braun. Die braune Farbe hat einen kleinen Stich ins Violette, den man besonders bemerken kann, wenn man eine gesättigte Perle lange mit der innern Flamme und dann ein wenig in der äuſsern Flamme behandelt hat. Durch längere Behandlung in der äuſsern Flamme wird die Perle leicht farblos. Die braune Farbe der Phosphorsalzperle kann besonders nur auf Kohle, nicht gut auf Platindraht hervorgebracht werden. — Durch einen Zusatz von Eisenvitriol wird in der innern Flamme die braune Phosphorsalzperle blutroth.

Die Niobsäure wird ebenfalls vom Phosphorsalz in groſser Menge in der äuſsern Flamme zu einem klaren farblosen Glase aufgelöst. Auch in der innern Flamme ist das Glas klar und farblos, wenn der Zusatz der Niobsäure nicht sehr bedeutend war. Ist derselbe bedeutender, so wird in der innern Flamme die Perle violett, und durch einen sehr starken Zusatz schön und rein blau, ohne einen Stich ins Violette. Es scheint ein gewisser Zustand der Uebersättigung nöthig zu seyn, um die blaue Farbe der Perle hervorzubringen. Die blaue Farbe wird übrigens nicht bloſs auf Kohle, sondern auch auf Platindraht erzeugt. In der äuſsern Flamme kann die blaue Perle leicht farblos geblasen werden. — Mit Eisenvitriol wird die Perle in der innern Flamme tief blutroth.

Mit Borax giebt die Tantalsäure, wenn sie in kleiner Menge darin aufgelöst wird, auf Platindraht ein klares farbloses Glas, das auch nicht unklar geflattert werden kann. Setzt man eine gröſsere Menge der Tantalsäure zum Boraxglase, so wird dieselbe klar aufgelöst, aber das Glas kann unklar geflattert werden. Durch anhaltendes Blasen kann aber das emailweiſse unklar geflatterte Glas wiederum klar werden, und beim Erkalten klar bleiben. Durch einen gröſsern Zusatz von Tantalsäure zum Boraxglase wird das Glas unklar. In der innern Flamme wird die Farbe desselben nicht verändert.

Die Pelopsäure verhält sich zum Borax ähnlich der Tan-

talsäure. Durch wenig Pelopsäure wird das Glas durch Flattern nicht unklar, wohl aber durch eine gröfsere Menge, doch etwas schwerer als diefs beim Glase der Tantalsäure der Fall ist. Das unklar geflatterte Glas kann durch längeres Blasen klar geblasen werden, so dafs es auch beim Erkalten klar bleibt. Durch einen grofsen Zusatz von Pelopsäure wird das Glas von selbst unklar. In der innern Flamme wird die Farbe des Glases nicht braun, wenigstens nicht auf Platindraht.

Auch die Niobsäure wird vom Borax zu einem klaren Glase aufgelöst, nur bei einem gröfsern Zusatze kann das Glas unklar geflattert werden, aber das unklar geflatterte Glas kann wieder klar geblasen werden. In diesem Fall wird das Glas in der innern Flamme noch nicht gefärbt; diefs geschieht erst, wenn so viel Niobsäure im Borax aufgelöst worden ist, dafs das Glas, in der äufsern Flamme behandelt, beim Erkalten von selbst unklar und undurchsichtig wird. Wird es dann in der innern Flamme behandelt, so wird es undurchsichtig violett oder vielmehr blaulich grau.

Wird Niobsäure mit Tantalsäure gemengt, so wird das Gemenge, wenn sehr viel desselben in Phosphorsalz aufgelöst worden ist, in der innern Flamme violett und blau, wie von reiner Niobsäure, doch, wie es mir scheint, dunkler als ohne Zusatz von Tantalsäure.

Wird Niobsäure mit sehr wenig Pelopsäure gemengt, so kann durch dieses Gemenge das Phosphorsalz noch blau in der innern Flamme gefärbt werden. Wird aber mehr Pelopsäure hinzugefügt, so wird das Glas in der innern Flamme braun. — Die Säure, welche man aus dem Bodenmaiser Columbit erhält, oder das Gemenge von Niob- und Pelopsäure giebt gewöhnlich mit Phosphorsalz in der innern Flamme eine braune Perle.

Auf einer Porcellanplatte zeigt Tantalsäure, wenn sie darauf mit Wasser ausgebreitet und im Porcellanofen geglüht worden ist, eine weifse Farbe mit einem Stich ins Gelbliche; Pelopsäure ebenso behandelt, einen stärkern Stich ins Gelbliche, und die Niobsäure zeigt von allen drei die gelbste Farbe.

Diefs sind die wichtigsten Unterschiede der Pelopsäure von der Tantalsäure einerseits und von der Niobsäure andrerseits. Das Verhalten dieser Säuren und ihrer Verbindungen genau zu erforschen, gehört zu den schwierigsten Aufgaben, da alle drei Säuren in vielen Fällen höchst anomale Erscheinungen zeigen, so dafs man bei einer flüchtigen Untersuchung leicht in vieler Hinsicht irre geführt wird, und nur durch eine sehr gründliche und anhaltende Beschäftigung die Abwege vermeidet, in welche man leicht gerathen kann. — Die drei Säuren haben hinsichtlich vieler Eigenschaften einige Aehnlichkeit mit der Kieselsäure, deren Verhalten gegen Reagentien auch oft sonderbar ist, und nur gewifs deshalb weniger sonderbar erscheint, weil wir diese Säure seit so langer Zeit kennen und ihre Eigenschaften schon vor langer Zeit untersucht worden sind.

Es ergiebt sich aus dem Vorhergehenden, dafs die Pelopsäure in der That sehr viele Aehnlichkeit mit der Tantalsäure hat, und bei einer flüchtigen Untersuchung kann man leicht zu der Ansicht verleitet werden, dafs die Pelopsäure eine durch eine gewisse Menge von Niobsäure verunreinigte Tantalsäure sey, denn es geht aus dem Vorhergehenden hervor, dafs hinsichtlich der meisten Reactionen die Pelopsäure auf eine ähnliche Weise in der Mitte zwischen Tantalsäure und Niobsäure steht, wie die Strontianerde zwischen der Baryt- und Kalkerde.

Da aber das Niobchlorid sich sehr von den Chloriden des Pelops und Tantals unterscheidet, so kann man dasselbe wenigstens in dem Pelopchlorid durch die geringere Flüchtigkeit erkennen; es ist auch leichter, dasselbe durch die verschiedene Flüchtigkeit möglichst vom Niobchlorid zu reinigen, als umgekehrt das Niobchlorid gänzlich vom Pelopchlorid zu befreien. Ich glaube übrigens, die Pelopsäure bei meinen Untersuchungen in einem Zustande der Reinheit angewandt zu haben, wie sie selten bei künftigen Untersuchungen wird angewandt werden. Was aber besonders dem widerspricht, dafs die Pelopsäure weiter nichts wäre als eine niobsäurehaltige Tantalsäure, sind die Resul-

tate der quantitativen Untersuchungen der Verbindungen der drei Metalle.

Von den drei Säuren ist offenbar die Niobsäure die stärkste als Säure, hat dabei aber von allen die gröfste Neigung reducirt zu werden, dann kommt die Pelopsäure, und die Tantalsäure hat offenbar schwächere Eigenschaften als Säure als beide und wird von allen am schwierigsten reducirt.

Die grofse Aehnlichkeit zwischen der Pelop- und der Tantalsäure erlaubt für jetzt wenigstens nicht, an eine Methode zu denken, nach welcher beide Säuren zu trennen wären, wenn sie gemeinschaftlich vorkämen. Es ist für jetzt nicht einmal gut möglich, mit Sicherheit die Gegenwart der Tantalsäure zu entdecken, wenn sie in der Pelopsäure enthalten wäre.

In meinen Untersuchungen über die Säuren im Baierschen Columbit, bin ich durch neue Sendungen desselben durch Herrn Wittstein aus München unterstützt worden. Auch erhielt ich mit zuvorkommender Gefälligkeit durch Herrn Blumenau in Hasselfelde eine grofse Menge dieses Minerals im präparirten Zustande.

Um die Tantalsäure in grofsen Mengen bereiten zu können, damit die Eigenschaften derselben von denen der Pelopsäure gründlich unterschieden werden konnten, übersandte mir Herr Nordenskjöld in Helsingfors eine grofse Menge des finnländischen Tantalits. Damit endlich die Tantalsäure des finnländischen Tantalits und die Säuren des Baierschen Columbits mit der Tantalsäure, welche in einigen sibirischen Mineralien sich findet, verglichen werden kann, hatte Herr Samarsky, der Chef des Stabes vom Berg-Corps in St. Petersburg die Güte mir eine bedeutende Menge von ausgezeichneten Stücken des Uranotantals und des Pyrochlors von Miacks im Ural zu übersenden.

Ich habe meine Untersuchungen noch nicht auf den nordamericanischen Columbit ausgedehnt, obgleich ich jetzt in den Stand gesetzt worden bin, dieselben nach einem ziemlich grofsen Maafstabe anzustellen, indem ich durch

die Gefälligkeit des Herrn Silliman ein halbes Pfund von diesem Mineral erhalten habe.

Ich hatte mich schon vor zwei Jahren, als ich meine Abhandlung über das Niobium bekannt gemacht hatte, überzeugt, dafs die Säure im baierschen Columbit, welche neben der Niobsäure in demselben vorkommt, ungeachtet ihrer grofsen Aehnlichkeit mit der Tantalsäure, das Oxyd eines neuen Metalles ist, das ich Pelopium nannte. Durch briefliche und mündliche Mittheilungen von Seiten meines Bruders und von mir, ist diese Entdeckung ohne meinen Willen in einige Zeitschriften und Lehrbücher übergegangen [1]).

Diefs hat mich bewogen, die Untersuchung des neuen Metalls und seiner Verbindungen nicht zu übereilen. Ich hatte zwar die Vergleichung der Eigenschaften der Niob-, Pelop- und Tantalsäure, welche ich jetzt veröffentliche, schon vor beinahe einem Jahre zusammengestellt; es war aber meine Absicht, erst dann meine Arbeit bekannt zu machen, wenn ich die Resultate der quantitativen Bestimmung der Verbindungen der Pelop- und der Niobsäure vollständig hätte geben können, und die Untersuchung der Säuren, welche man bis jetzt für Tantalsäure gehalten hat, beendet hätte.

Der Grund indessen, weshalb ich diese unvollkommene und unvollendete Arbeit jetzt veröffentliche, ist die Bekanntmachung einer Abhandlung des Herrn R. Herrmann in Moskau, die zu der meinigen in einem nahen Zusammenhange steht [2]). Derselbe hat die Niobsäure im Aeschynit gefunden, von welchem er früher nachgewiesen hatte, dafs er Tantalsäure enthält und nicht titansaure Zirconerde, wie man früher glaubte. Bei der Untersuchung eines neuen Minerals, das er Yttroilmenit nennt, fand er eine Säure, welche er für das Oxyd eines neuen Metalls hält, welchem

1) *Comptes rendus*, Bd. XIX, S. 1275, December 1844. — Haidinger's Handbuch der Mineralogie, S. 419. — Journal für pract. Chemie, Bd. 38, S. 3.

2) Journal für pract. Chemie, Bd. 38, S. 91.

er den Namen Ilmenium beilegt. In welcher Beziehung die Ilmensäure zur Pelopsäure steht, wage ich aus den sehr wenigen Eigenschaften, die Herr Hermann von ihr angiebt, nicht zu entscheiden. Nach ihm bekommt die Ilmensäure durchs Glühen eine goldgelbe Farbe, während die Pelopsäure nach mir nur gelblich wird. Die Ilmensäure wird nach Hermann, und diefs soll nach ihm ihr wichtigster Charakter seyn, durch welchen sie sich wesentlich von der Tantal- und Niobsäure unterscheidet, aus der Lösung ihres Natronsalzes vollständig durch Chlorwasserstoffsäure niedergeschlagen, während nach mir die Pelopsäure, wenn sie aus der Lösung des pelopsauren Natrons durch Chlorwasserstoffsäure gefällt wird, in einem Uebermaafse der Säure zu einer opalisirenden Flüssigkeit gelöst wird, in der durchs Kochen kein Niederschlag entsteht. Nach Hermann trübt sich die Auflösung des ilmensauren Natrons durch den Einflufs der Kohlensäure der Luft, was nach mir bei der des pelopsauren Natrons nicht der Fall ist. Die Menge der Kohlensäure, welche nach Hermann aus dem kohlensauren Natron durch Schmelzen mit Ilmensäure verjagt wird, ist eine ganz andere, als die, welche nach mir unter ähnlichen Umständen durch Pelopsäure vertrieben wird. Galläpfeltinctur giebt nach Hermann in der Lösung des ilmensauren Natrons, die mit etwas Chlorwasserstoffsäure versetzt worden ist, einen braunen Niederschlag, die des pelopsauren Natrons nach mir einen oraniengelben. Endlich sind nach Hermann die Perlen, die durch das Löthrohr in der innern und äufsern Flamme durch Ilmensäure mit Borax und Phosphorsalz erzeugt werden, heifs gelb und nach der Abkühlung weifs, was nicht mit dem Verhalten übereinstimmt, das nach mir die Pelopsäure gegen dieselben Reagentien vor dem Löthrohr zeigt.

Herr Hermann theilt ferner in seiner Abhandlung Untersuchungen über die Niobsäure aus dem Aeschynit mit. Einige Erscheinungen, die er angiebt, stimmen nicht mit denen überein, die ich unter gleichen Umständen erhalten habe, doch die meisten zeigen offenbar, dafs die von ihm untersuchte Säure Niobsäure, wenn auch nicht reine, gewesen ist.

Meine Untersuchungen über die Säuren des Niobs, des Pelops und des Tantals, die ich zum Theil noch nicht vollendet habe, werde ich in späteren Abhandlungen mittheilen. Einige derselben, namentlich die über das specifische Gewicht dieser Säuren, haben mich zu den unerwartesten Resultaten geführt. Ich bemerke hier nur, dafs das specifische Gewicht der Ilmensäure, wie es Herr Hermann angiebt, nicht mit dem übereinstimmt, welches ich bei der Pelopsäure gefunden habe.

XI. *Nachträgliches über das Verhältnifs der elektrischen Polarität zu Licht und Wärme; von Dr. Neeff.*

Licht und Wärme in ihrem Verhältnisse zur Elektricität, und hierdurch erläutert in ihrem Verhältnisse zu einander, diefs war der Gegenstand einer Untersuchung, die ich vor einem Jahre begann und in einer Abhandlung bekannt machte, welche auch in Poggendorff's Annalen (November 1845) aufgenommen wurde [1]). Ich trage hier mit wenigen Worten nach, was seitdem in dieser Sache geschehen.

Dafs das reine, wärmefreie, elektrische Licht ausschliefslich dem negativen Pol (der Kathode) angehöre, glaube ich durch die daselbst angegebenen Versuche zu einer Evidenz erhoben zu haben, welche Jedem, der den Versuch sieht, nichts zu wünschen übrig läfst. Hierzu kommt, dafs die angegebene Beobachtungsmethode durch das Mikroskop nicht nur diesen Charakter des Phänomens, sondern auch die merkwürdige Beschaffenheit jenes Lichts vollkommen klar darstellt.

Auf die erfreulichste Art wurde diese Lehre durch Faraday's Entdeckung des Einflusses, den der Magnetismus auf die Rotation des polarisirten Lichts hat, ergänzt und bestätigt. Es verhält sich damit nach meiner Ansicht in folgender Weise. Die elektrische Polarität ist eine der ursprünglichsten Entstehungsformen des Lichts; hauptsächlich weil in ihr das wärmefreie Licht rein und von der lichtlosen Wärme gesondert, ja mit ihr in Gegensatz tre-

1) Ich bitte den Leser, dort folgende *Errata* zu verbessern: §. 25, statt „springen" lese man *sprangen*. §. 32, statt „die wärmenden blauen" lese man *die blauen;* und statt „die leuchtenden rothen" *die rothen.*

tend erscheint. Nun ist das polarisirte Licht die Transversale des Lichtstrahls, wie der Elektromagnetismus die Transversale der Elektricität ist. Es folgt hieraus, daſs, wie die Entstehung und longitudinale Strahlung des Lichts von der Elektricität, so die Polarisation des Lichtstrahls von dem Magnetismus abhängt. Die einzige Function, die der Magnetismns hat, ist Polarisation, und was damit gegeben ist, nämlich Anziehung, Abstoſsung, Rotation.

Weniger leicht darzustellen als das Lichtexperiment sind die Versuche (§. 19, 20, 21), welche die Wärmefunction des positiv elektrischen Pols (der Anode) nachweisen. Willkommen daher muſste ein sehr einfacher Versuch seyn, der aus einem Schreiben des Marinelieutenants Tyrtov am 24. October 1845 der St. Petersburger Academie mitgetheilt wurde. (*Bulletin de la classe phys. math. de l'Acad. imp. des sc. de St. Petersb. No.* 102.) Er besteht im Wesentlichen darin, daſs bei jeder kräftigen Voltasäule der entladende Draht, wenn er Anode ist, heiſs wird, glüht und schmilzt; wenn er aber Kathode ist, an seinem Berührungspunkte nur das Lichtphänomen zeigt, ohne sich beträchtlich zu erhitzen. Worauf es hier vor Allem ankommt, ist, daſs die entladende Berührung so kurz als möglich daure; denn schnell wird auch der negative Draht heiſs, weil er als Leiter indifferent gegen die Pole wird und die Wärme der berührten Anode leitet. Ferner muſs die Dicke des Drahts in einem richtigen Verhältnisse zur Stärke der Batterie stehen, er darf nicht zu dick seyn. Am überzeugendsten stellt man den Versuch so an, daſs man mit jedem Pol einen Draht verbindet, jeden dieser Drähte zwischen zwei Finger nimmt, und nun in raschen Wiederholungen mit dem einen Drahte den andern klopfend berührt; besser noch, wenn man den einen Draht sägeförmig vielfach einkerbt, und mit dem andern senkrecht darüber hinfährt, oft und schnell dieſs wiederholend. Sehr bald wird dann die Anode so heiſs, daſs man sie nicht mehr halten kann. Will man daher diese glühen und schmelzen sehen, so muſs die haltende Hand durch eine Hülle geschützt werden. Bei der Kathode ist dieſs nicht nöthig; sie erwärmt nur langsam.

Der Versuch §. 20 wurde neulich auch von Hrn. de la Rive bestätigt, welcher bei einer Grove'schen Batterie von 70 Paaren, als zwischen den Elektroden der Feuerbogen in einer meſsbaren Distanz überströmte, nur die Anode glühen sah, die Kathode nicht.

XII. *Ueber den Phenakit vom Ilmengebirge, einem neuen Fundorte desselben; von Gustav Rose.*

Schon vor zwei Jahren hatte Herr Hermann in Moskau die Güte, mir durch Hrn. Dr. Auerbach mit andern Neuigkeiten vom Ural einen schönen weifsen, glänzenden Krystall zur Ansicht zu schicken, der auf den Topasgruben im Ilmengebirge vorgekommen war, und den ich bei näherer Untersuchung als Phenakit erkannte. Ich hatte damals nicht Zeit, mich weiter mit ihm zu beschäftigen; er ging daher wieder nach Moskau zurück; statt dessen erhielt nun die königl. Sammlung eine Reihe anderer sowohl loser als aufgewachsener Krystalle, welche die genannten Gelehrten von einer Reise nach dem Ural im Herbste des vorigen Jahres selbst mitgebracht hatten, die mich nun in den Stand setzen, das Versäumte nachzuholen.

Dieser neue Fundort des Phenakits ist nun, nachdem derselbe zuerst an der Takowaja, 85 Werste ostwärts von Katharinenburg, im Ural aufgefunden, und von Nordenskiöld [1]) als etwas Eigenthümliches erkannt und beschrieben, und darauf von Beyrich [2]) in der Nähe von Frammont im Elsafs entdeckt war, der dritte bekannte Fundort dieses seltenen Minerals [3]). Die Lagerstätte ist indessen

1) Vergl. Poggendorff's Annalen von 1833, Bd. 31, S. 57.

2) Ebendaselbst von 1835, Bd. 34, S. 519, u. von 1837, Bd. 41, S. 323.

3) Nach Shepard findet sich der Phenakit auch in haselnufsgrofsen Körnern und zuweilen in niedrigen sechsseitigen Prismen mit blauem Turmalin in Granit eingewachsen zu Goshen in Massachusetts (Silliman's Journal von 1838, Bd. 34, S. 329.). Da sich von diesem angeblichen Phenakit einige Stücke in der königl. Sammlung befinden, die von H. Shepard selbst herrührten, so veranlafste ich Herrn Prof. Rammelsberg eine chemische Untersuchung desselben anzustellen. Herr Rammelsberg fand aber darin:

Kieselsäure	65,45
Thonerde	19,48
Beryllerde	15,08.

auf allen diesen drei Fundorten verschieden. An der Takowaja findet er sich zusammen mit den grofsen Krystallen von Smaragd und Chrysoberyll in Glimmerschiefer eingewachsen, bei Frammont auf der Mine jaune, einem Lager von Brauneisenerz, und am Ilmengebirge zusammen mit Krystallen von dem grünen, Amazonenstein genannten, Feldspath und von weifsem Topas, auf Granitgängen im Miascit [1]).

Wie die Lagerstätte, so ist auch das Ansehen der Krystalle an allen drei Fundorten sehr verschieden. An der Takowaja sind die Krystalle am gröfsten und in ihrer Ausbildung am einfachsten. Sie sind Combinationen des ersten und zweiten sechsseitigen Prisma mit dem Haupt- und ersten stumpferen Rhomboëder. Die Flächen des zweiten sechsseitigen Prisma und des Hauptrhomboëders herrschen immer vor, das erste Prisma und das stumpfere Rhomboëder finden sich nur untergeordnet. Indessen sind doch auch die Flächen des zweiten Prisma bald gröfser, bald kleiner, daher die Krystalle selbst bald mehr rhomboëdrisch, bald mehr säulenförmig erscheinen. Sie erreichen zuweilen eine Länge von mehreren Zollen, sind aber gewöhnlich an den Kanten abgerundet. Den Winkel in den Endkanten des Hauptrhomboëders giebt Nordenskiöld zu 115° 25′ an.

Eine Kenntnifs von der eigenthümlichen Ausbildung des Krystallisationssystems des Phenakits erhielten wir erst durch Beyrich's Beschreibung der Krystalle von Frammont. Dieselben zeigen nicht allein einen viel gröfseren Flächenreichthum als die Uralischen Krystalle, sie sind auch durch eine eigenthümliche Hemiëdrie, Hemimorphie und Zwil-

Die Thonerde enthielt noch eine geringe Menge von Kieselsäure, die Beryllerde von Eisenoxyd. Dadurch ergiebt sich, dafs das Mineral Beryll sey, womit auch das spec. Gewicht stimmt, das Herr Rammelsberg ebenfalls untersuchte, und 2,72 fand. Auch Dana scheint an der Richtigkeit der Bestimmung von Shepard gezweifelt zu haben, da er in seinem System der Mineralogie (2te Auflage, S. 538) unter den Mineralien von Goshen den Phenakit nur mit einem Fragezeichen aufführt.

1) Vergl. über die Lagerstätten im Ural meine Beschreibung von Humboldt's Sibirischer Reise, Th. I, S. 483, und Th. II, S. 77.

Zwillingsbildung ausgezeichnet, von welchem Allen die Uralischen Krystalle keine Spur zeigen, und zum Theil zeigen konnten, da die Formen, aus welchen die Hemiëdrie und Hemimorphie sichtbar wird, bei jenen Krystallen nicht vorkommen.

Die einfachen Formen, welche Beyrich an den Krystallen von Frammont aufser den von Nordenskiöld angegebenen beschreibt, bestehen in dem ersten spitzeren Rhomboëder, in einem Hexagon-Dodecaëder zweiter Ordnung, und in mehreren Rhomboëdern und einem regulären sechsseitigen Prisma dritter Ordnung [1]).

Die Formel für das Hexagon-Dodecaëder ist:

$$p(D)\,^{2})=(3a : \tfrac{3}{2}a : 3a : c).$$

Die Formeln für die Rhomboëder und das Prisma sind:

$$\begin{aligned} s(\alpha) &= (\ a : \tfrac{1}{7}a : \tfrac{1}{7}a : c) \\ t &= (2a : \tfrac{1}{2}a : \tfrac{2}{3}a : c) \\ x(\beta) &= (2a : \tfrac{2}{3}a : \ a : c) \\ z &= (\ a : \tfrac{1}{4}a : \tfrac{1}{3}a : c) \\ l &= (\ a : \tfrac{1}{5}a : \tfrac{1}{4}a : \infty c). \end{aligned}$$

Die Flächen des zweiten sechsseitigen Prisma a sind wie bei den Krystallen vom Ural mehr oder weniger vorherrschend, sind aber ebenfalls viel gröfser als die Flächen des ersten sechsseitigen Prisma g, die auch hier nur untergeordnet auftreten. Die Flächen des Hauptrhomboëders R erscheinen selten am Ende allein, gewöhnlich finden sie sich mit den Flächen des Hexagon-Dodecaëders p zusammen, die ihre Endkanten zuschärfen und auf den Flächen a gerade aufgesetzt sind. Die übrigen Flächen kommen alle nur untergeordnet und selten vor, am häufigsten die Flächen s, x, l, sehr selten die Flächen t und z. Die Flächen s und t erscheinen als Abstumpfungsflächen der Kanten zwischen dem Hauptrhomboëder R und dem zweiten

1) Letztere sind bekanntlich die parallelflächigen Hälftflächner von Skalenoëdern und von einem zwölfseitigen Prisma.

2) Die in Klammern gesetzten Buchstaben sind die, welche von Beyrich gebraucht, die ohne diese, welche in den beifolgenden Zeichnungen angewandt sind.

Prisma *a*, liegen also in der Kantenzone von *R*; die Flächen *x* liegen in der Diagonalzone von *R*, die Flächen *s* erscheinen als Abstumpfungsflächen der Kanten zwischen dem ersteren spitzeren Rhomboëder $2r'$ und *a*, die Flächen *l* als Abstumpfungsflächen der Kanten zwischen dem ersten und zweiten Prisma. Die Flächen *s* und *x* liegen aber nach Beyrich beide stets auf derselben Seite des Hauptrhomboëders, an dem einen Ende an der linken, an dem anderen Ende an der rechten (siehe Fig. 4 von Beyrich's Zeichnungen), die Flächen *l* ebenfalls nur auf der einen Seite von den Flächen des ersten Prisma *g*.

Die Zwillingskrystalle sind nach dem bei dem drei- und ein-axigen Krystallisationssystem gewöhnlichem Gesetze gebildet; die Individuen haben die Hauptaxe gemein, aber der eine Krystall erscheint gegen den andern um diese um 60° oder 180° gedreht. Dabei sind die Krystalle stets durcheinander gewachsen, sich gegenseitig entweder nur mit senkrechten (Fig. 8 und 9 bei Beyrich), oder mit senkrechten und horizontalen Flächen begränzend (Fig. 5 und 6), und erscheinen an den beiden Enden im ersteren Fall unsymmetrisch, im letzteren symmetrisch. Aber abgesehen von dem ersteren Falle kommt auch bei ganz deutlich einfachen Krystallen eine verschiedene Ausbildung der beiden Enden vor, z. B. an dem einen Ende das Hauptrhomboëder, an dem andern das Hexagon-Dodecaëder (Fig. 7 bei Beyrich), was ein recht bemerkenswerther Umstand ist, da die Krystalle nach den von Riefs und mir angestellten Versuchen nicht pyroëlektrisch sind [1]).

Die Phenakitkrystalle vom Ilmengebirge sind im Ganzen nur klein, 3 bis 4 Linien höchstens breit und einige Linien hoch, farblos, fast vollkommen durchsichtig, und ziemlich stark glänzend von Glasglanz. Ungeachtet ihrer nur geringen Gröfse, zeigen sie ebenfalls einen grofsen Flächenreichthum (Taf. II, Fig. 14 — 16), aber sie sind in so fern einfacher und regelmäfsiger als die Krystalle von Frammont, als sie nie eine Spur von Zwillingsbildung oder eine

1) Vergl. Poggendorff's Annalen von 1843, Bd. 59, S. 390.

verschiedene Ausbildung der beiden Enden zeigen. Sie enthalten von einfachen Formen das Hauptrhomboëder *R*, das Gegenrhomboëder *r'* und das erste stumpfere Rhomboëder $\frac{1}{2}r'$, das Hexagon-Dodecaëder *p* zweiter Ordnung, die Rhomboëder *s* und *x* dritter Ordnung und das erste und zweite reguläre sechsseitige Prisma *g* und *a*.

Die Flächen des Hauptrhomboëders sind vor allen Flächen stets vorherrschend, die Flächen des zweiten Prisma erscheinen dagegen nur sehr untergeordnet, als Abstumpfungsflächen der Seitenkanten von *R*, daher die Krystalle auch immer einen rhomboëdrischen Habitus haben. Die Flächen des Gegenrhomboëders sind ebenfalls stets da, bald gröfser wie in Fig. 14, bald kleiner, wie in Fig. 15 u. 16, und ebenso das erste stumpfere Rhomboëder $\frac{1}{2}r'$ mit den Flächen *p*. Die Flächen des ersten Prisma sind wie überall kleiner als die des zweiten, und fehlen auch bei den meisten Krystallen des Ilmengebirges gänzlich. Die Flächen der Rhomboëder dritter Ordnung finden sich dagegen wieder überall, und einzelne Flächen zuweilen recht grofs, und gröfser als in den Zeichnungen dargestellt ist. Sie erscheinen indessen stets auf verschiedenen Seiten von *R*, entweder *s* auf der rechten und *x* auf der linken Seite, wie in Fig. 14—16 dargestellt ist, oder umgekehrt, je nachdem man das eine oder das andere Ende nach oben stellt, so dafs also bei der Stellung der Figuren das Rhomboëder *s* in Bezug auf *R* ein rechtes, das Rhomboëder *x* ein linkes ist.

Bei der verschiedenen Ausdehnung der Flächen sieht man aber sehr gut die verschiedenen Zonen, in denen sowohl *s* als *x* liegen; die Lage von *s* sowohl in der Kantenzone von *R* durch den Parallelismus der Kanten zwischen *R*, *p*, $\frac{1}{2}r'$, *p*, *R*, *s*, *a* (Fig. 14—16), als auch in der Kantenzone des durch *R* und *r'* gebildeten Hexagon-Dodecaëders durch den Parallelismus der Kanten zwischen *R*, *r'*, *s* (Fig. 14); die Lage von *x* in der Diagonalzone von *R* (Fig. 14—16), ferner in der Kantenzone des Hexagon-Dodecaëders *Rr'* durch den Parallelismus der Kanten zwischen *R r' x* (Fig. 14) und endlich in der Zone *R*, *x*, *p*

(Fig. 16)[1]. Wo die Flächen s und x der entgegengesetzten Enden sich treffen, schneiden sie sich in horizontalen Kanten[2].

Aufser den angegebenen Flächen habe ich bei dem Phenakit des Ilmengebirges noch eine kleine doch deutliche Abstumpfungsfläche der Kante zwischen x und R bemerkt, die zu gleicher Zeit auch die Abstumpfungsfläche der Kante zwischen p und a und daher wie p auf a gerade aufgesetzt ist. Die Fläche erhält demnach den Ausdruck $(\frac{3}{2}a : \frac{3}{4}a : {}^3a : c)$; sie liegt mit p und a in derselben verticalen Zone, und hat hierin rücksichtlich ihrer Neigung gegen die Hauptaxe verglichen mit p den doppelten Cosinus; ich habe diese Fläche aber nicht gezeichnet, da ich sie nur an einer Ecke eines aufgewachsenen Krystalls neben x, und bei keinem der übrigen Krystalle beobachtet habe, und demnach nicht ausmachen konnte, ob sie wie p einem Hexagon-Dodecaëder oder wie x einem Rhomboëder dritter Ordnung angehört. Nach den von Beyrich beim Phenakite angegebenen Winkeln würde ihre Neigung gegen R 160° $42'\frac{1}{7}$, ihre Neigung gegen a 101° 28′ betragen.

Vergleicht man die Krystalle des Ilmengebirges mit denen von Frammont, so sieht man, dafs sie sich in mancher Rücksicht von diesen unterscheiden, wie durch die geringere Gröfse der Flächen des zweiten sechsseitigen Prisma, durch das stete Vorkommen der Flächen des Gegenrhomboëders, durch den völligen Mangel von Zwillingsverwachsungen, und durch die stets vorkommende regelmäfsige Ausbildung ihrer beiden Enden. Ein wesentlicher Unterschied bestände aber in der Stellung der Rhomboëder dritter Ord-

1) Bei den Krystallen von Frammont sieht man öfter noch die Lage von x in der Kantenzone des ersten stumpferen Rhomboëders durch den Parallelismus der Kanten zwischen $\frac{1}{2}r'$, x, a (s. Beyrich a. a. O., Bd. 41, S. 325), was aber bei den Krystallen des Ilmengebirges nicht zu beobachten ist.

2) Es ist dazu immer nothwendig, dafs an demselben Ende s und x auf verschiedenen Seiten von R liegen; in der Lage wie Beyrich diese Flächen bei den Krystallen von Frammont beschreibt, würde diefs nicht statt finden können.

nung s und x, indem diese bei den Krystallen von Frammont nach der Darstellung von Beyrich auf derselben Seite des Hauptrhomboëders, bei den Krystallen des Ilmengebirges auf entgegengesetzten Seiten liegen. Die Flächen s und x kommen bei diesen Krystallen, die den Vorzug haben, stets an beiden Enden ausgebildet und durch Zwillingsbildung nie gestört zu seyn, so deutlich, grofs und regelmäfsig vor, dafs bei ihnen die angegebene Lage nicht allein auf das Bestimmteste zu sehen, sondern auch fast rund um den Krystall zu verfolgen war. Desto auffallender war mir der Unterschied mit den Krystallen von Frammont, und ich habe demnach auch diese in Bezug auf diefs überwiegende Verhalten genau untersucht. Die Königliche Sammlung besitzt eine vortreffliche Reihe dieser Krystalle, die sie dem Entdecker selbst verdankt, und aufserdem hatte Herr Dr. Beyrich die Güte mir noch seinen ganzen übrigen Vorrath von Krystallen für diese Vergleichung zu übergeben. Ich überzeugte mich dadurch, dafs die Flächen s und x allerdings in der Regel so vorkommen, wie sie Dr. Beyrich angegeben, indessen beobachtete ich doch, dafs häufig die Flächen s an beiden Seiten von R, wenngleich gewöhnlich von verschiedener Gröfse und Ansehen, vorkommen, während die Flächen x sich immer nur an einer Seite von R fanden. Es geht daraus hervor, dafs die Flächen s bei den Krystallen von Frammont nicht sowohl als Flächen eines Skalenoëders, sondern eines rechten und eines linken Rhomboëders dritter Ordnung vorkommen, und der Unterschied mit den Krystallen vom Ilmengebirge bestände demnach nur darin, dafs bei jenen sich gewöhnlich beide Rhomboëder s mit x fänden, bei diesen nur das eine Rhomboëder s vorkommt, welches mit x eine entgegengesetzte Lage hat. Ein umgekehrtes Verhalten findet bei den Krystallen dieser beiden Fundorte in Rücksicht auf die Rhomboëder R und r, den hemiedrischen Formen eines Hexagon-Dodecaëders statt, von denen bei den Krystallen vom Ilmengebirge beide, bei den Krystallen von Frammont in der Regel nur R vorkommt; denn zuweilen findet sich,

wie ich mich überzeugte, r' allerdings auch hier [1]). Ich suchte bei dieser Gelegenheit auch die Lage der Flächen t und z in Bezug auf R zu bestimmen, doch war über t nichts auszumachen, da es sich an Krystallen fand, wo x nicht da war; z dagegen beobachtete ich einmal in Combination mit x, und hier fand es sich auf verschiedener Seite von dieser Fläche.

Was endlich noch die Winkel des Phenakits anbetrifft, so habe ich mich überzeugt, dafs die Winkel des Phenakits vom Ilmengebirge mit denen von Frammont völlig übereinstimmen. Die Phenakit-Krystalle vom Ilmengebirge sind im Allgemeinen wohl durchsichtiger, als die von Frammont; doch kommen unter diesen Krystalle mit noch glatteren und glänzenderen Flächen vor, als die besafsen, welche mir vom Ilmengebirge zu Gebote standen. Von der Art ist namentlich der Krystall, den Herr Dr. Beyrich zur Fundamentalbestimmung der Winkel des Phenakits benutzt hat. Ich habe diesen Krystall ebenfalls gemessen, und für die Neigung des Hauptrhomboëders gegen die Fläche des zweiten sechsseitigen Prisma fast dieselben Winkel erhalten wie Dr. Beyrich, nämlich 121° 42′ statt 121° 40′. Ich habe aber um so weniger Grund, an den von Beyrich angegebenen Winkeln etwas zu ändern, als doch die Fläche des Hauptrhomboëders nicht so gute Bilder reflectirte, als zu einer vollkommen scharfen Messung nothwendig sind.

1) Bei der Durchsicht der Krystalle von Frammont beobachtete ich auch noch eine neue Fläche zwischen p und R, die, da sie sich auch zwischen dem benachbarten p und dem darauf folgenden R fand, offenbar einem Skalenoëder angehören mufste, und woraus auch hervorgeht, dafs nur die Zuschärfungen der Seitenkanten des Rhomboëders unsymmetrisch, die der Endkanten symmetrisch vorkommen. Der Ausdruck dieser Fläche v ist, wie sich durch die Messung ergab: $(4a : \frac{4}{3}a : 2a : c)$, und die Winkel der Fläche gegen R betragen demnach: 165° 28′, und gegen p : 174° 29′.

XIII. *Ueber die Vergleichung der Reibungselektricität mit der galvanischen Elektricität; von P. Riefs.*

Herr de la Rive hat in den *Archives des sciences physiques, t.* 2, *p.* 62, aus meiner Notiz über die Ablenkung der Magnetnadel durch die elektrische Batterie [1]) einen Auszug veranstaltet und denselben mit kritischen Bemerkungen begleitet, die mir zu einigen Gegenbemerkungen Anlafs geben. Die Anmerkung p. 64 über die Bedeutung der Versuche bei unterbrochenem Schliefsungsbogen kann ich, als eine zufällige, dabei übergehen, da dieselbe eben nur durch den Auszug veranlafst ist; im Originale wird S. 537 ausdrücklich angegeben, dafs diese Versuche sich auf früher von mir angestellte, näher bezeichnete, Untersuchungen beziehen. Auch die Schlufsbemerkung ist nur kurz zu berühren. Hr. de la Rive ändert meine Angabe — es werde an einer Elektrisirmaschine in gleicher Zeit desto weniger Elektricität erzeugt und abgegeben, je unvollkommner die Ableitung derselben sey — dahin ab, dafs die erzeugte Elektricitätsmenge zwar dieselbe bleibe, von ihr aber ein mit der Unvollkommenheit der Ableitung zunehmender Theil an der Erregungsstelle wieder verschwinde. Da die angezogene Stelle zur Erläuterung eines elektrischen Stromes dient, in diesem aber nur die Elektricitätsmenge betrachtet wird, die wirklich durch den Stromleiter geht, so sieht man, dafs Hr. de la Rive im Wesentlichen meiner Angabe vollkommen, ohne Beschränkung, beistimmt.

Ich hatte mich am Schlusse meiner Notiz gegen die precäre Weise erklärt, auf welche die Wirkungen der Reibungs- und der galvanischen Elektricität mit einander verglichen und auf ein gemeinschaftliches Maafs, die Elektricitätsmenge, bezogen werden. Herr de la Rive findet, dafs

1) Diese Annalen, Bd. 67, S. 535.

ich mehr Ansichten als Versuche dagegen vorgebracht habe — eine natürliche Folge davon, dafs ich eben Ansichten und nicht Versuche in Abrede stelle. Es sei mir erlaubt, meine Ansichten über die Unzulänglichkeit der bisherigen Vergleichung des elektrischen und galvanischen Stromes näher zu entwickeln. Die Wirkung des galvanischen Stromes hängt von der Erregung der galvanischen Elektricität ab und von dem Leitungszustande der ganzen Kette, aber nur der letztere ist klar erkannt und direct bestimmt worden. Was die Erregung sey, an welcher Stelle sie stattfindet, welchen Modalitäten sie unterworfen ist, das sind noch heut, nach fast 50jähriger Erfindung der Säule, schwebende Fragen, die eine directe Messung der Erregung weit hinausrücken. Ganz entgegengesetzt verhielt es sich, bis vor wenigen Jahren, mit dem Entladungsstrome der elektrischen Batterie. Hier war die Erregung von Anfang an, ihrer Gröfse wie ihrer Beschaffenheit nach, genau bestimmt und mefsbar, während der Einflufs der Schliefsung lange Zeit übersehen wurde. Die Anzahl der Erregungsacte, die Ausdehnung der geladenen Fläche geben die Elektricitätsmenge in einer Batterie und die Dichtigkeit derselben in der bestimmtesten Weise, und wo eine Wirkung des Entladungsstromes nach beiden Bedingungen variirt, läfst sich der Einflufs der Elektricitätsmenge von dem der Dichtigkeit leicht sondern. In neuerer Zeit ist von mir auch der Einflufs der Schliefsung auf den Entladungsstrom bestimmt worden, und wir befinden uns daher in dem günstigen Falle, die Wirkungen dieses Stromes nach drei Bedingungen, der Elektricitätsmenge, der Dichtigkeit, dem Leitungszustande der Schliefsung, studiren, und diese gesondert und direct messen zu können. Die Vergleichung dieses Stromes mit dem galvanischen stöfst auf grofse Schwierigkeiten, die bei Berücksichtigung der Dauer beider Ströme, der Dichtigkeit der in Bewegung gesetzten Elektricität und der, bei beiden wesentlich verschiedenen, Schliefsung entstehen. Nur wenn der Einflufs dieser veränderlichen Elemente auf beide Ströme vollständig gekannt wäre, könnte aus gleichen galvanischen

und elektrischen Wirkungen auf das Verhältnifs der zu denselben nöthigen Elektricitätsmengen geschlossen werden. Die mit klarer Einsicht in die Erscheinung unternommenen Vergleichungen beider Elektricitätsklassen (zu welchen eine vor Kurzem angestellte Vergleichung der zu beiden Gebieten gehörigen Wärmeformeln nicht gehört [1]) — haben sich ohne jene Kenntnifs von diesen Schwierigkeiten zu befreien gesucht. Ampère läugnete den Einflufs der Beschaffenheit des Schliefsungsbogens auf den elektrischen Entladungsstrom im Allgemeinen, Faraday den Einflufs der elektrischen Dichtigkeit auf die speciellen Wirkungen desselben, namentlich auch auf die Erwärmung. Der grofse englische Naturforscher hat keine Versuche über die Erwärmung durch Reibungselektricität angestellt, die ihn unfehlbar von seinem Irrthume belehrt hätten; er stützt sich auf Versuche von Harris, nach welchen die erwärmende Kraft einer gegebenen Elektricitätsmenge von der Dichtigkeit derselben unabhängig seyn soll (*experimental researches alinea* 368). Dieser Satz ist durchaus falsch; ich habe die Abhängigkeit der Erwärmung durch den Entladungsstrom von der Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie vor langer Zeit und, wie ich glaube, zur Genüge dargethan. Wie Herr de la Rive, der meine Wärmeversuche kennt, und der, wie wir gesehen haben, die Abhängigkeit des elektrischen Stromes von der Beschaffenheit der Schliefsung vollständig zugesteht, noch thermische Versuche als Stütze der bestrittenen

1) Von der Verwirrung, die in dieser (vom Verfasser schon zum zweiten Male bearbeiteten) Vergleichung herrscht, ein Beispiel: Herr Knochenhauer entnimmt aus meiner Wärmeformel, die für beliebige Werthe der Elektricitätsmenge in der Batterie und der Dichtigkeit derselben gilt, dafs die Entladungszeit der Batterie proportional der angewandten Flaschenzahl ist, also der Elektricitätsmenge bei constanter Dichtigkeit. Dennoch fügt derselbe ausdrücklich und mit unzweideutigen Worten hinzu (*Annales de chimie, Mai* 1846, *p.* 108) die Entladungszeit bleibe *unabhängig* von der Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie. — Man sieht sogleich, dafs diese Zeit durch die erste Annahme proportional der Elektricitätsmenge und *umgekehrt proportional der Dichtigkeit* gesetzt worden ist.

Vergleichung aufführen kann, vermag ich nicht einzusehen. Um die Elektricitätsmenge der Volta'schen Säule mit der in der Batterie angehäuften vergleichen zu können, suchte man eine Wirkung der Batterie, die von der Dichtigkeit der Elektricität und von der Beschaffenheit der Schliefsung unabhängig bleibt, und glaubte diese in der magnetischen Wirkung gefunden zu haben. Nun zeigt aber die magnetische Wirkung diese Unabhängigkeit nicht, wenigstens nicht in allen Fällen. Wird ein Theil des Schliefsungsbogens der elektrischen Batterie zur Magnetisirung von Stahlnadeln gebraucht, so übt eine Aenderung der elektrischen Dichtigkeit in der Batterie, oder eine Aenderung irgend einer Stelle des Schliefsungsdrahts einen unverkennbaren Einflufs auf die Magnetisirung, wie wir durch Savary wissen. Nur wenn man den Schliefsungsbogen in ganz speciellen, beschränkten Versuchen auf eine bewegliche Magnetnadel wirken läfst, tritt dieser Einflufs nicht deutlich hervor; man erhält ziemlich dieselbe Ablenkung der Nadel, der nasse Faden in der Schliefsung mag mit einer dicken Wassersäule vertauscht, die Dichtigkeit in der Batterie vom Einfachen bis Dreifachen gesteigert werden. Es wäre aber denkbar, dafs diese Gleichheit des Effects ohne Gleichheit der Ursache bestände. Wir haben hier eine Wirkung, die unzweifelhaft länger dauert, als die wirkende Ursache, und die Dauer der letzteren kann daher nicht gleichgültig seyn. Der elektrische Strom und die von ihm herrührende Magnetisirung des Schliefsungsdrahtes bei Einschaltung des nassen Fadens könnte in der That schwächer seyn, aber länger dauern, als der Strom bei Einschaltung der Wassersäule, und es würde dann nicht auffallen, dafs der erste eine gleiche (nach Faraday sogar eine etwas stärkere) Ablenkung der Magnetnadel hervorbringt, wie der zweite. Ein Gleiches kann für Ströme von verschiedener Dichtigkeit gedacht werden. Diefs zugegeben, erscheint der Schlufs der Gleichheit der Elektricitätsmenge bei dem momentan wirkenden elektrischen Strome und dem, $3\frac{1}{5}$ Secunden wirkenden, galvanischen Strome, so wie ich ihn bezeichnet habe,

als precär. Herr de la Rive giebt diefs nicht zu, hat uns aber seine Gründe vorenthalten. — Die Gleichheit von Elektricitätsmengen wird ferner aus chemischen Wirkungen geschlossen, aus Jodflecken von gleicher Ausdehnung auf einem dem elektrischen und dem galvanischen Strome ausgesetzten Papiere. Auch hier ist eine wesentliche Bedingung, die Dichtigkeit der Elektricität, übersehen. Man gebe dieselbe Elektricitätsmenge in 1 und in 10 Flaschen, und man wird den durch die Entladung hervorgebrachten Jodfleck bei der minder dichten Elektricität viel gröfser finden, als bei der dichteren. Herr de la Rive sagt, Herr Becquerel habe ganz neuerlich die Vergleichung der chemischen Wirkung beider Ströme bestätigt — ich will die Art dieser Bestätigung andeuten. Herr Becquerel giebt in den diefsjährigen *Comptes rendus* der Pariser Academie vom 9. März an, dafs in einer Flüssigkeit stehende Goldplatten durch die Entladung einer Leydener Flasche polarisirt werden und daher eine Ablenkung der Nadel am Galvanometer hervorbringen. Er hält diefs Factum für neu und unerwartet, was es, beiläufig bemerkt, nicht ist; eben so wenig sind die speciellen Resultate über diese Polarisirung neu, die wir durch zwei ausführliche, vor sieben Jahren in diesen Annalen publicirte, Abhandlungen des Hrn. Henrici bereits kennen. (Bd. 46, S. 585, Bd. 47, S. 431.) Herr Henrici hat sich dabei eines einfacheren Apparats, als Hr. Becquerel, bedient, indem derselbe, statt der mit der Hand regierten Wippe, eine zweckmäfsige Vorrichtung gebraucht, die polarisirten Metalle in einer stets gleichen sehr kurzen Zeit nach der elektrischen Entladung mit dem Galvanometer in Verbindung zu setzen. Hr. Henrici und Hr. Becquerel haben gefunden, dafs der Schlag einer Leydener Flasche, die successiv zu den Schlagweiten 1, 2, 3 u. s. f. geladen ist, Drähte und Platten aus Gold oder Platin so polarisirt, dafs die resultirenden Ablenkungen am Galvanometer nahe in dem Verhältnisse der Schlagweiten stehen. Herr Becquerel liefs ferner ein sehr schwaches Volta'sches Element während 1 und

während $\frac{1}{7}$ Secunde auf seine Goldplatten polarisirend wirken, fand die Ablenkung im ersten Falle noch einmal so grofs, als im zweiten, und folgerte dann ohne Bedenken, dafs die Polarisirung durch Reibungs- wie durch galvanische Elektricität proportional der Zersetzung der zwischen den Platten befindlichen Flüssigkeit, und diese Zersetzung proportional der gebrauchten Elektricitätsmenge sey. Von diesen auf keine Weise nachweisbaren Zersetzungen geht Hr. Becquerel zu wirklichen Zersetzungen durch eine Volta'sche Kette über und berechnet die Menge von Ladungen seiner Leydener Flasche, die zur Zersetzung von einem Gramme Wasser erfordert werde. Ich brauche wohl kaum auf das Willkührliche dieser Folgerungen aufmerksam zu machen. Die Polarisation ist eine noch sehr dunkle Erscheinung, die bei der Reibungselektricität gewifs nicht allein von der Zersetzung einer Flüssigkeit abhängt, da eine nahe damit verwandte Erscheinung (die am Elektroscope nachweisbare Ladung von Halbleitern) an starren Körpern hervorgebracht werden kann. Selbst der Zusammenhang der Polarisation mit der Elektricitätsmenge der Flasche ist nicht klar nachgewiesen, da die Schlagweite einer Flasche proportional der Dichtigkeit der in ihr befindlichen Elektricität ist, in den oben angeführten Versuchen die polarisirenden Elektricitätsmengen 1, 2, 3 die Dichtigkeiten 1, 2, 3 besafsen, diesen Versuchen also auch beliebig eine Abhängigkeit der Polarisation von der Dichtigkeit entnommen werden kann.

Nach dieser Uebersicht wird man zugeben, dafs die bisherigen Vergleichungen der Reibungselektricität mit der galvanischen, auf theils falsche, theils unbewiesene, theils sogar auf unerweisliche Annahmen fufsend, noch Vieles zu wünschen übrig lassen. Fragt man aber, was durch diese precären Vergleichungen gewonnen worden, so kann man nur Zahlen ohne Consequenz anführen, grofse Zahlen, denen Hr. Becquerel nachsagt, dafs sie fähig sind, die Einbildungskraft zu erschrecken (*capable d'effrayer l'imagination*). Ich glaube, dafs diefs Erschrecken, selbst von de-

nen, die Befriedigung darin finden, durch die Menge willkührlicher Voraussetzungen, die zugegeben werden müssen, zu theuer erkauft wird, und komme auf meine schon einmal ausgesprochene Meinung zurück: Wir besitzen noch keine sichere Basis, von der aus der Strom der Reibungselektricität mit dem galvanischen Strome zu vergleichen wäre, und bis diese gewonnen seyn wird, kann eine solche Vergleichung der Wissenschaft weniger förderlich seyn, als das gesonderte experimentelle Studium der Wirkung dieser Ströme.

Berlin, den 8. Juli 1846.

XIV. *Bemerkung zu Lüdersdorff's Versuch über die Natur der Hefe; von Dr. Schubert in Würzburg.*

In diesen Ann. Bd. 67, S. 408, machte Lüdersdorff das Resultat eines Versuches bekannt, welchen er in der Absicht anstellte, sich Aufschlufs darüber zu verschaffen, ob die Hefe wirklich nur durch ihre eigene Zersetzung, oder durch bloſsen todten Contact die neue Gruppirung der Elemente des Zuckers veranlasse; oder, ob sie als ein organisirter Körper die Gährung des Zuckers durch einen von Organen ausgehenden Eingriff in die Zusammensetzung des letztern herbeiführe. Er fand nämlich, daſs Hefe, deren Kügelchen durch Reiben vollständig zertrümmert worden waren, nicht im Stande war, die Gährung des Zuckers einzuleiten, während ein nicht zerriebener Theil derselben Hefe, unter denselben Umständen, die Gährung mit gewöhnlicher Intensität einleitete und vollendete.

Diese Thatsache spricht allerdings sehr für die letztere Ansicht, wonach die Wirkung der Hefe in der Aeuſserung der Lebensthätigkeit organisirter Wesen zu suchen ist, da mit der bloſsen mechanischen Zerstörung dieser Organis-

men — mit der Zertrümmerung der Hefekügelchen — auch ihre gährungserregende Wirksamkeit erlischt.

Ganz sicher ist aber, glaube ich, auch durch diese allerdings sehr wichtige Beobachtung jene Ansicht noch immer nicht begründet, wie sich aus nachstehender Betrachtung zu ergeben scheint.

Wie bei der Hefenbildung, so erzeugt sich bekanntlich auch bei einer andern Zersetzung, bei derjenigen nämlich, welcher der Essig allmälig unter Einwirkung der atmosphärischen Luft unterliegt, eine cryptogamische Vegetation, ein Schimmelpilz, *Mycoderma aceti.* Man hat diese Substanz lange für ein wirkliches Ferment der Essiggährung angesehen und deshalb Essigmutter genannt, bis erst spätere Beobachtungen gelehrt, dafs ihre Eigenschaft, die Essigbildung hervorzurufen, einerseits auf ihrem Essiggehalt, andrerseits aber auf einem Umstand beruht, der auch durch andere sehr heterogene Körper herbeigeführt werden kann, wie durch Brot, Obst, Holzspähne, Platinschwarz u. s. w., welche weiter nichts, als eine feine Vertheilung der festen Theile, einen gewissen Grad der Porosität mit der Essigmutter gemein haben, wodurch sie fähig sind, Luftarten — Sauerstoff — in ihren Zwischenräumen zu verdichten, der in diesem verdichteten Zustand, wie es scheint, eine leichtere Oxydation des Alkohols herbeiführt.

Aber nicht blos bei der Essigbildung, auch bei der geistigen Gährung ist etwas Aehnliches beobachtet worden. Aus den Versuchen von Brendecke (Archiv d. Pharm. Bd. 90, S. 10—26, u. 2 R. Bd. 43, S. 133—144, od. pharm. Centralbl. 1844, S. 881—887 u. 1845, S. 856—858) geht hervor, dafs nicht der Hefe allein das Vermögen zukomme, die Weingährung zu erregen, sondern dafs diefs auch andere Körper organischen Ursprungs bei ihrer an der Luft erfolgenden Zersetzung zu thun vermögen, wenn sie nur in innige Berührung mit einem porösen Körper versetzt werden. Es gelang demselben nämlich nicht, Zuckerlösungen durch Zusatz von weinsaurem, oder citronensaurem Ammoniak für sich in Gährung zu versetzen. Diefs geschah

dagegen sehr schnell und vollständig, sobald er der gährenden Flüssigkeit irgend einen porösen Körper zusetzte, wie mit Lösungsmitteln erschöpftes zerkleinertes Stroh, oder Papier, Kohlenpulver, unächtes Blattsilber, Schwefelblumen u. s. w.

Es drängt sich einem hier unwillkührlich die Frage auf: Sollte es nicht auch die durch das Bestehen aus lauter kleinen Kügelchen bedingte Lockerheit und Porosität der Hefe seyn, welche in diesem stickstoffhaltigen Körper eine so grofse Menge Sauerstoff anhäuft, dafs seine Zersetzung selbst in der Lösung einer fäulnifswidrigen Substanz, wie doch offenbar der Zucker eine ist, noch stattfinden könne? Es wäre, glaube ich, durch Bejahung dieser Frage die merkwürdige Beobachtung von Lüdersdorff, dafs die Hefekügelchen nach ihrer Zermalmung nicht mehr gährungserregend wirken, wenigstens nicht schwerer zu erklären, als durch die Annahme, dafs sie nur als lebende Organismen wirken.

Kaum zu erinnern ist wohl, dafs durch einen blos mechanisch wirkenden porösen Körper, wie die oben genannten, nur *solche* zersetzungsfähige Substanzen in Gährungserreger umgewandelt werden können, welche mit ersterem in so innige Berührung treten können, wie diefs bei aufgelösten Körpern der Fall ist. Es kann daher das negative Resultat, welches man höchst wahrscheinlich erhalten wird, wenn man die zermalmte Hefe — einen unauflöslichen Körper — mit solchen porösen Stoffen zusammenreibt, durchaus noch keinen entscheidenden Gegenbeweis liefern, da hier bei noch so sorgfältiger Mengung keine wirklich innige Berührung stattfinden kann, und bei längerem Reiben ohnediefs die Porosität des zugesetzten Körpers mit der der Hefe zugleich verschwinden mufs.

XV. *Schlammauswurf des Vulcans von Ruiz.*

Am 19. Febr. 1845, Morgens sieben Uhr, hörte man längs dem Magdalenenflusse, von der Stadt Ambalema bis zum Dorfe Mendez, d. h. auf einer Strecke von mehr als 5 Meilen, ein starkes unterirdisches Getöse, dem ein Erdstofs folgte. Darauf wälzte sich durch den Rio Lagunilla, der am Nevado de Ruiz entspringt, eine ungeheure Masse dikken Schlamms herunter, die Bäume und Häuser mit fortrifs, Menschen und Thiere verschlang. Die ganze Bevölkerung des oberen Lagunilla-Thals, etwa 1000 Seelen, ward ein Opfer dieser Fluth. Bei Ankunft in der Ebene theilte sich der Schlammstrom in zwei Arme; der eine, der beträchtlichere, folgte dem Laufe des Lagunilla und ergofs sich so in den Magdalenenflufs; der andere, nachdem er eine ziemliche Anhöhe überstiegen, wandte sich, fast winkelrecht, gegen Norden in das Thal von Santo-Domingo, rifs daselbst ganze Wälder nieder und stürzte sie in den Sabandijaflufs, der dadurch verstopft wurde. Der Flufs schwoll an und es drohte eine furchtbare Ueberschwemmung einzutreten, als glücklicherweise ein nächtlicher Regen dem stinkenden Schlamm durch die Masse von Sand, Steinen, zertrümmerten Baumstämmen und ungeheuren Eisblöcken einen Abzug verschaffte. Die Eisblöcke waren von einer Höhe von 4800 Meter, der Schneegränze unter dieser Breite (4° 50′), herunter gekommen, und, ungeachtet der hohen Temperatur dieser Thäler (28 bis 29° C.) noch nicht ganz geschmolzen. Seit Menschengedenken war es das erste Mal, dafs die Bewohner der heifsen Ufer des Magdalenenstromes gefrornes Wasser sahen. Mehre Personen erfroren sogar. Es war ein seltsames Schauspiel, Eisschollen auf den lauen Wellen des Magdalenenstromes treiben zu sehen.

Man schätzt die Schlammmasse, die eine Höhe von 5 bis 6 Meter besafs, auf 300 Millionen Tonnen. Was die Ursache der Katastrophe war, weifs man noch nicht; allein nach Hrn. Degenhart, der den Vulcan von Ruiz i. J. 1843 untersuchte und seine Höhe zu 6000 Meter bestimmte, hatte dieser schon früher einmal einen solchen Schlammausbruch, und zwar am Nordabhang, während er diefsmal an der Südseite erfolgt zu seyn scheint. (Bericht des Obersten Joaquin Acosta in der *Compt. rend. T. XXII, p.* 709.)

1846. ANNALEN DER PHYSIK UND CHEMIE. No. 10.
BAND LXIX.

I. *Vom dynamischen Gleichgewicht der Elektricität in einer Ebene oder einem Körper;*
vom Dr. W. Smaasen in Utrecht.

Wenn die Elektricität durch einen Draht in eine Ebene oder einen Körper überströmt, und sie kann sich daselbst frei ausbreiten, so ist die Vertheilung im ersten Moment eine veränderliche, von der Zeit abhängige; allein bald geht dieser Zustand in einen anderen über, der, wiewohl er auch nach den Coordinaten verschieden seyn kann, doch von der Zeit unabhängig ist. Dieser Beharrungszustand, den wir dynamisches Gleichgewicht nennen wollen, ist es, mit dem wir uns insbesondere beschäftigen werden. Zuvörderst werde ich suchen, die zum dynamischen Gleichgewicht der Elektricität in einer Ebene oder einem Körper erforderlichen Bedingungen anzugeben, um sie zweitens auf die Vertheilung der Elektricität in einer unbegränzten Ebene anzuwenden, eine Aufgabe, deren Lösung zuerst von Hrn. Kirchhoff in einer schönen Abhandlung in diesen Annalen (Bd. 64, S. 497) geliefert worden ist.

I. Von den Fundamentalgleichungen des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität in einer Ebene oder einem Körper.

§. 1.

Betrachten wir zunächst die Elektricitätsmenge Γ, welche in der Zeiteinheit einen unendlich kleinen Querschnitt eines Körpers durchströmt. Wir nennen sie Elektricitätsfluth, nach Analogie mit dem Ausdruck »*flux de chaleur*«, den Poisson in die mathematische Physik eingeführt hat. Sey α der unendlich kleine Querschnitt winkelrecht auf der Linie, welche die beiden Molecüle E und E' verbindet.

Wir können diese von solcher Gröfse annehmen, dafs die durch den Durchschnitt d strömende Elektricität nur aus ihrer Wirkung entspringt. Die durch d strömende Elektricität ist proportional erstlich einer unbekannten Function α der Coordinaten $E(x, y, z)$ und $E'(x+\Delta x, y+\Delta y, z+\Delta z)$, zweitens dem Unterschiede $\Delta\varphi$ ihrer Spannungen, und drittens den Volumen M und M' der Molecüle.

Sonach finden wir:

$$\Gamma = \alpha M M' \Delta\varphi$$

Wenn der Spannungsunterschied $\Delta\varphi = 1$ ist, so wird die Elektricitätsfluth $\alpha M M'$ seyn, und das Product aus dieser Fluth in den Abstand δ der Molecüle wird vorstellen, was man Leitungsfähigkeit (k) der Materie nennt; denn es ist klar, dafs die Leitungsfähigkeit in demselben Verhältnifs wachsen wird als der Abstand δ, wenn die Quantität der fortgepflanzten Elektricität dieselbe bleibt. Sonach ist:

$$k = \alpha M M' \delta$$

$$\Gamma = \frac{k\Delta\varphi}{\delta}$$

und man hat auch:

$$\Delta\varphi = \frac{d\varphi}{dx}\Delta x + \frac{d\varphi}{dy}\Delta y + \frac{d\varphi}{dz}\Delta z.$$

Seyen α, β, γ die Winkel, welche die Normale des Querschnitts d mit den drei Coordinataxen macht. Dann hat man:

$$\frac{\Delta x}{\delta} = -\cos\alpha, \quad \frac{\Delta y}{\delta} = -\cos\beta, \quad \frac{\Delta z}{\delta} = -\cos\gamma.$$

folglich:

$$\Gamma = -k\left\{\frac{d\varphi}{dx}\cos\alpha + \frac{d\varphi}{dy}\cos\beta + \frac{d\varphi}{dz}\cos\gamma\right\}$$

Daraus ergiebt sich leicht die Gleichung des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität in einem Körper:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0$$

und in einer Ebene:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} = 0 \qquad (1)$$

Will man die äufsere Leitungsfähigkeit oder die der Ebene von der Luft entzogene Elektricitätsmenge berück-

sichtigen, und dabei diese Menge proportional der Spannung irgend eines Punkts der Ebene setzen, so findet man für das dynamische Gleichgewicht die Gleichung:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} = \lambda^2\varphi \quad \ldots \ldots \ldots (2)$$

wo λ^2 ein Bruch ist, der zum Zähler die äufsere Leitungsfähigkeit hat, und zum Nenner das Product aus der inneren Leitungsfähigkeit in den Abstand der Ebenen, zwischen welchen die Elektricität circulirt.

§. 2.

Es ist leicht zu beweisen, dafs die sich bewegende Elektricität betrachtet werden kann als zertheilt in eine Unendlichkeit secundärer Ströme. Um diefs zu zeigen, beschreiben wir um irgend einen Punkt P (Taf. II, Fig. 7), dessen Coordinaten x, y sind, als Centrum einen Kreis mit einem unendlich kleinen Radius $=\varrho$; sey φ die Spannung des Punktes P und φ' die Spannung eines Punkts Q auf dem Umfang des Kreises. Sey PR parallel der Axe der x und sey der Winkel $RPQ=\vartheta$, so werden die Coordinaten des Punktes Q seyen:

$$x + \varrho \cos\vartheta \quad , \quad y + \varrho \sin\vartheta,$$

und die Spannung des Punktes Q wird gegeben durch die Formel:

$$\varphi' = \varphi + \frac{d\varphi}{dx}\varrho \cos\vartheta + \frac{d\varphi}{dy} \sin \varrho \sin\vartheta.$$

Die Linie PQ kann man so wählen, dafs der Spannungsunterschied $\varphi' - \varphi$ der Punkte P und Q ein Maximum ist; der Winkel ϑ wird dann gegeben durch die Formel:

$$\tang \vartheta = \frac{\frac{d\varphi}{dy}}{\frac{d\varphi}{dx}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3)$$

Läfst man die Coordinataxen sich solchergestalt drehen, dafs die Linie PR zusammenfällt mit PQ, so hat man $\vartheta = 0$ und $\frac{d\varphi}{dy} = 0$, und die Spannung φ'' eines Punktes Q', des-

sen Radius vector den Winkel ϑ' mit PR macht, wird seyn:

$$\varphi'' = \varphi + \frac{d\varphi}{dx} \varrho \cos \vartheta'.$$

Klar ist, daſs die dieſs- und jenseits der Linie PR, in gleichem Abstand vom Punkte Q liegenden Punkte gleiche Spannung besitzen, weil φ'' dasselbe bleibt, wenn man ϑ' in $-\vartheta'$ verwandelt. Es giebt also keinen Grund, weshalb die Elektricität sich von P lieber nach M als nach M' fortpflanzen solle, wenn diese Punkte gleichen Abstand vom Punkte Q besitzen, so daſs die Elektricität sich nur längs der Linie PQ fortpflanzen wird. Deshalb wird die Linie PQ die Richtung des elektrischen Ströms in dem Punkte P seyn, und der Winkel ϑ, welchen diese mit der Axe der x macht, wird durch die Formel (3) gegeben.

Ist der Punkt Q' so gewählt, daſs $\vartheta' = \pm 90°$, so hat man $\varphi' = \varphi$. Geht man also von einem gegebenen Punkte aus, so läſst sich eine Reihe von Punkten ziehen, welche gleiche Spannung besitzen, und deshalb Linien gleicher Spannung heiſsen.

Die Linien gleicher Spannung und die elektrischen Ströme bilden demnach zwei Systeme rechtwinklicher Curven.

Eben so kann man beweisen, daſs in einem Körper die Elektricität sich in Linien fortpflanzt, die man elektrische Ströme nennt. Um einen Punkt M (Taf. II, Fig. 8), dessen Coordinaten x, y, z sind, wollen wir als Centrum eine Kugel von dem Radius ϱ construiren. Ziehen wir durch diesen Punkt drei Axen parallel den gegebenen Axen. Sey φ die Spannung des Punktes M, φ' die eines Punktes P, welcher so gewählt ist, daſs $\varphi' - \varphi$ ein Maximum sey. Ist ϑ der Winkel der Linie MP mit der Ebene der xy und γ der Winkel, welchen die Projection der Linie MP auf die Ebene der xy mit der Axe der x macht, so hat man:

$$\varphi' - \varphi = \varrho \left\{ \frac{d\varphi}{dx} \cos \vartheta \cos \gamma + \frac{d\varphi}{dy} \cos \vartheta \sin \gamma + \frac{d\varphi}{dz} \sin \vartheta \right\}$$

und da die Bedingung des Maximums ist:

$$\frac{d(\varphi' - \varphi)}{d\vartheta} = \frac{d(\varphi' - \varphi)}{d\gamma} = 0,$$

so findet man:

$$tg\,\gamma = \frac{\frac{d\varphi}{dy}}{\frac{d\varphi}{dx}}\,,\quad tg\,\vartheta = \frac{\frac{d\varphi}{dx}}{\sqrt{\left[\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2\right]}}\,,$$

Auf dieselbe Weise wie oben läfst sich nun zeigen, dafs die Linie MP die Richtung des elektrischen Stroms im Punkte M ist; also wird die Richtung des Stroms durch die Winkel ϑ und γ bestimmt. Legt man durch den Punkt M eine Ebene winkelrecht auf die Linie MP, so kann man leicht erweisen, dafs alle Punkte, welche in dem Durchschnitt dieser Ebene mit der Kugel liegen, dieselbe Spannung haben, wie der Punkt M; mithin wird diese Ebene die Richtung der durch den Punkt M gehenden Fläche gleicher Spannung anzeigen, und letztere also winkelrecht seyn auf dem elektrischen Strom.

§. 3.

Bei den meisten Fragen der mathematischen Physik mufs man noch Rücksicht nehmen auf andere Bedingungen, wie die, welche ausgedrückt wird durch die Fundamentalgleichung (1), deren allgemeines Integral durch unbestimmte Functionen gegeben wird. So mufs man, bei der Frage über die Vertheilung der Elektricität in einer Ebene oder einem Körper, die Gränzen dieser Ebene oder dieses Körpers in Rechnung ziehen; man mufs ausdrücken, dafs die Elektricität sich nicht über diese Gränze hinaus fortpflanzen könne; man genügt ihr durch die Annahme, dafs die Linien gleicher Spannung winkelrecht seyen an den Gränzen der Ebene. Seyen α und β die Winkel, welche die Normale der die Gränze der Ebene bestimmenden Curve mit den Axen der x und y macht, und ϑ der Winkel, welchen die Tangente mit der Axe der x bildet, so hat man durch die Formel (3):

$$tg\,\vartheta = -\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{\frac{d\varphi}{dy}}{\frac{d\varphi}{dx}}$$

und die Bedingung der Gränzen ist:

$$\frac{d\varphi}{dx}\cos\alpha+\frac{d\varphi}{dy}\cos\beta=0,$$

zu welcher man noch die Gleichung der Gränzcurve hinzufügen mufs.

Zweitens wird die Spannung der Elektrode eine gegebene Gröfse seyn, und man wird behaupten können, dafs diese Gröfse im Allgemeinen, wegen der Kleinheit der Elektrode, für alle Punkte die nämliche Constante seyn werde. Wenn ihre Gröfse nicht mehr wegen der Dimensionen der Ebene zu vernachlässigen wäre, würde man nicht mehr dieselbe Voraussetzung machen können, und die Aufgabe würde verwickelter werden.

§. 4.

Theorem. Wenn die Elektricität zu gleicher Zeit aus mehren Elektroden fliefst, so wird die Spannung an irgend einem Punkte bestimmt durch eine Linearfunction der Spannungen, von denen dieser Punkt afficirt seyn würde, wenn die Elektricität nur aus jeden dieser Elektroden einzeln flösse.

Setzen wir, um dieses Thermo zu erweisen, dafs die Elektricität nur aus einer einzigen Elektrode flösse, deren Spannung μ ist. Sey die Spannung irgend einer Ebene $=\varphi$; dieselbe wird eine Function dieser Coordinaten x, y und überdiefs der Gröfse μ proportional seyn, so dafs man haben wird:

$$\varphi=\mu F(x, y).$$

Sey φ_1 die Spannung desselben Punkts, wenn die Elektricität aus einer anderen Elektrode flösse, deren Spannung μ_1 ist; dann hat man:

$$\varphi_1=\mu_1 F_1(x, y).$$

Nun ist klar, dafs wenn die Elektricität zugleich aus beiden Elektroden flösse, die Spannung der ersten Elektrode durch die der zweiten geändert werden würde, und so umgekehrt. Wenn man aber annimmt, dafs die Gröfse der Elektroden zu vernachlässigen sey vermöge ihres Abstandes, so sieht man, dafs die Gröfse, um welche die Spannung eines jeden Punkts der Elektrode erhöht oder geschwächt seyn würde, eine constante Gröfse ist, die nur von dem

Abstande der Mittelpunkte beider Elektroden abhängt; mithin bleibt die Spannung eines jeden Punkts der Elektrode constant, wenn die Elektricität zugleich durch mehre Elektroden fliefst.

Wenn die Elektricität zugleich aus zwei Elektroden fliefst, so verändern sich die Constanten μ und $\mu_{,}$ in μ' und $\mu'_{,}$ sobald die Spannung der ersteren um die Gröfse $\mu'-\mu$ und die der zweiten um $\mu'_{,}-\mu_{,}$ zunimmt. In diesem Fall wird die Spannung des Punktes x, y durch die Wirkung jeder Elektrode insbesondere bestimmt durch die Formeln:

$$\varphi=\mu' F(x, y) \quad , \quad \varphi_{,}=\mu'_{,} F_{,}(x, y) \quad . \; . \; . \; . \quad (a)$$

Die Gleichung (2) des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität in einer Ebene ist linear, und vermöge einer bekannten Eigenschaft wird die Summe zweier Werthe, die für sich der Differentialgleichung genügen, noch ein Integral derselben seyn. Man genügt also der Gleichung (2) durch die Formel:

$$\Phi=\mu' F(x, y)+\mu'_{,} F_{,}(x, y) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (b)$$

wo Φ die Spannung des Punktes x, y durch gleichzeitige Wirkung beider Elektroden vorstellt.

Diese Formel wird der Bedingung der Gränzen genügen, wenn die Gleichungen (a) ihr für sich genügen; denn, wenn α und β die Winkel der Normale an der Gränzcurve der Ebene mit den Axen der x und y bezeichnen, wird man haben:

$$\frac{dF}{dx}\cos\alpha+\frac{dF}{dy}\cos\beta=0 \quad ; \quad \frac{dF_{,}}{dx}\cos\alpha+\frac{dF_{,}}{dy}\cos\beta=0,$$

welchen wird genügt seyn müssen, wenn x, y die Coordinaten der Gränzcurve sind. Nimmt man die Summe dieser Gleichungen, nachdem man sie mit μ' und $\mu'_{,}$ multiplicirt hat, so findet man:

$$\left\{\mu'\frac{dF}{dx}+\mu'_{,}\frac{dF_{,}}{dx}\right\}\cos\alpha+\left\{\mu'\frac{dF}{dy}+\mu'_{,}\frac{dF_{,}}{dy}\right\}\cos\beta=0$$

oder vielmehr:

$$\frac{d\Phi}{dx}\cos\alpha+\frac{d\Phi}{dy}\cos\beta=0.$$

Die Constanten μ' und $\mu'_{,}$ bestimmt man auf folgende Weise. Seyen a und b die Coordinaten der ersten, und

$a_{,}$ und $b_{,}$ die der zweiten Elektrode, so hat man durch die Formeln (a):

$$F(a, b) = 1 \qquad F_{,}(a, b) = 1.$$

Nun sind die Spannungen der beiden Elektroden gegebene Constanten $= \mu$ und $\mu_{,}$, setzt man also successiv in der Formel (b) für x, y die Coordinaten der ersten und der zweiten Elektrode, so hat man:

$$\left.\begin{array}{l} \mu'_{,} F_{,}(a, b) + \mu' = \mu \\ \mu' F_{,}(a_{,}, b_{,}) + \mu'_{,} = \mu_{,} \end{array}\right\} \;.\;.\; (c).$$

Die Constanten μ' und $\mu'_{,}$ sind also bestimmt in Function der Constanten μ, $\mu_{,}$, a, b, $a_{,}$, $b_{,}$, und mithin wird die Function Φ eine lineare Function der Functionen φ und $\varphi_{,}$ seyn. Dasselbe Theorem kann man auf den Fall ausdehnen, daſs die Elektricität durch mehre Elektroden entweder in eine Ebene oder in einen Körper flieſse. Die Zahl der Gleichungen (c) wird gleich seyn der Zahl der Elektroden.

§. 5.

Wenn die Elektricität aus einer einzigen Elektrode A in eine Ebene flieſst, so wird die Spannung irgend eines Punktes x, y bestimmt seyn durch die Formel:

$$\varphi = F(x, y).$$

Wenn die Elektricität von mehren anderen Elektroden ausflieſst, wird die Spannung $\varphi_{,}$ dieses selben Punktes durch die bloſse Wirkung der letzteren bestimmt durch:

$$\varphi_{,} = F_{,}(x, y).$$

Man kann sich eine solche Combination dieser Elektroden denken, daſs die Zunahme der Spannung von A durch deren Wirkung Null sey, oder daſs sie von ihr eine gleiche Menge positiver und negativer Elektricität erhält. In diesem Fall findet man die Spannung Φ des Punktes x, y durch gleichzeitige Wirkung aller Elektroden:

$$\Phi = F(x, y) + F_{,,}(x, y),$$

wo $F_{,,}(x, y)$ eine aus den partiellen Functionen von $F_{,}(x, y)$ gebildete lineare Function ist.

Es wird aber nicht allein die Gröſse φ, sondern eben so Φ den Bedingungen des bisher betrachteten Problems genügen, nämlich 1) der Gleichung des dynamischen Gleich-

gewichts, 2) der Bedingung, dafs die Spannung des Punktes A eine gegebene Constante sey, und 3) der Bedingung der Gränzen.

Allein wegen Unbestimmtheit der Gröfse $F_{\prime\prime}(x, y)$ folgt aus den angegebenen Betrachtungen, dafs die drei genannten Bedingungen nicht die alleinigen Erfordernisse zur vollständigen Lösung des Problems sind, dafs man noch eine andere hinzufügen mufs, um das Glied $F_{\prime\prime}(x, y)$ zu entfernen, welches von den von der Elektrode A unabhängigen Elektroden herstammt.

Ziehen wir eine krumme Linie rings um den Punkt A, so mufs die Elektricitätsmenge, welche dieselbe in gleicher Zeit überschreitet, eine constante Gröfse seyn, oder, wenn man die äufsere Leitungsfähigkeit in Betracht ziehen will, mufs man zu der Elektricitätsmenge, welche die Curve überschreitet, diejenige Menge hinzufügen, welche die Luft der Ebene entzogen haben würde in der Zeit von der Elektrode bis zur Curve. Liegt die Curve aufserhalb A, so mufs die sie überschreitende Elektricitätsmenge Null seyn. Es ist klar, dafs bei Anwendung dieses Princips das Glied $F_{\prime\prime}(x, y)$ verschwinden und für die Lösung des Problems

$$\varphi = F(x, y)$$

übrig bleiben wird.

II. Von der Vertheilung der Elektricität in einer unendlichen Ebene.

Es fragt sich, wie wird die Elektricität auf einer unbegränzten Ebene vertheilt seyn, wenn sie von einer einzigen Elektrode ausfliefst. Wenn man keine Rücksicht nimmt auf die äufsere Leitungsfähigkeit, wird offenbar kein dynamisches Gleichgewicht stattfinden, als im Fall man setzt, dafs die Spannung eines jeden Punktes gleich sey der Spannung der Elektrode. Allein da man die äufsere Leitungsfähigkeit, wie klein sie auch sey, nicht vernachlässigen kann, so wird die Spannung eines jeden Punkts eine variable Function seyn, die nur abhängt von dem Abstande dieses Punkts vom Centrum der Elektrode, so dafs die Spannung

in dem Umfang eines um das Centrum der Elektrode beschriebenen Kreises gleichen Werth haben wird. Wir werden annehmen, die äufsere Leitungsfähigkeit sey proportional der Spannung eines jeden Punkts der Ebene.

Sey ϱ der Radius der Elektrode, die wir als kreisrund voraussetzen, und deren Centrum wir zum Anfang der Coordinaten nehmen; sey μ ihre Spannung. Seyen ferner k' und k die Coëfficienten der äufseren und inneren Leitungsfähigkeit, φ die Spannung eines Punktes x, y, dessen Radius vector r ist, ω der Winkel zwischen zwei anliegenden Radiis vectoris, und δ der Abstand zweier parallelen Ebenen, zwischen denen die Elektricität circulirt.

Dann wird man haben:

$$\Gamma = -k' \left\{ \frac{d\varphi}{dx} \frac{x}{r} + \frac{d\varphi}{dy} \frac{y}{r} \right\},$$

allein da

$$x^2 + y^2 = r^2$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{d\varphi}{dr} \frac{dr}{dx} = \frac{d\varphi}{dr} \frac{x}{r} \; ; \; \frac{d\varphi}{dy} = \frac{d\varphi}{dr} \frac{dr}{dy} = \frac{d\varphi}{dr} \frac{y}{r}$$

wird:

$$\Gamma = -k' \frac{d\varphi}{dr}.$$

Die Elektricitätsfluth durch D wird seyn:

$$\Gamma \omega r \delta$$

und die durch E (Taf. II, Fig. 9):

$$\Gamma \omega \delta (r + dr) + \frac{d\Gamma}{dr} dr (r + dr) \omega \delta,$$

so wie die Menge, welche die Luft von CD fortnimmt:

$$k r \omega \varphi dr.$$

Und da die in CD eintretende Menge auch von ihr austreten mufs, so mufs die Summe der zweiten und dritten Gröfse gleich seyn der ersten. Man wird also für die Gleichung des dynamischen Gleichgewichts erhalten:

$$\frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} - \lambda^2 \varphi = 0 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

oder:

$$\lambda^2 = \frac{k}{k' \delta}.$$

Die Riccati'sche Gleichung kann auf die folgende Form gebracht werden:

$$\frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{m-1}{m}\frac{d\varphi}{dr}\frac{1}{r} - \lambda^2\varphi = 0 \quad \ldots \quad (2)\ ^{1})$$

Hr. **Lobatto** hat von dieser Gleichung ein particuläres Integral gegeben; indem man es $=\varphi_{\prime}$ setzt, wird man haben:

$$\varphi_{\prime} = \alpha\int_0^1 (e^{\lambda tr} + e^{-\lambda tr})(1-t^2)^{-\frac{m+1}{2m}}\,dt.$$

Die ersten Glieder der Gleichungen (1) und (2) werden gleiche Form erhalten, wenn man $m = \infty$ setzt: man hat also als erstes Integral der Gleichung (1):

$$\varphi_{\prime} = \alpha\int_0^1 \left(e^{\lambda tr} + e^{-\lambda tr}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}.$$

Es läfst sich leicht beweisen, dafs dieser Werth der Gleichung (1) genügt, denn durch Substitution findet man:

$$\int_0^1 \lambda^2 t^2 \left(e^{\lambda tr} + e^{-\lambda tr}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}$$

$$+ \frac{\lambda}{r}\int_0^1 \left(e^{\lambda tr} - e^{-\lambda tr}\right)\frac{t\,dt}{\sqrt{1-t^2}}$$

$$-\lambda^2\int_0^1 \left(e^{\lambda tr} + e^{\ \lambda tr}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}} = 0.$$

Nimmt man die Summe des ersten und letzten Gliedes, so findet man:

$$-\lambda^2\int_0^1 \left(e^{\lambda tr} + e^{-\lambda tr}\right)\sqrt{1-t^2}\,dt$$

und wenn man das zweite Glied stückweise integrirt, so erhält man den folgenden Werth:

$$-\frac{\lambda}{r}\sqrt{1-t^2}\left(e^{\lambda tr} - e^{-tr}\right) + \lambda^2\int_0^1 \left(e^{\lambda tt} + e^{-\lambda tr}\right)\sqrt{1-t^2}\,.\,dt;$$

allein die Gröfse aufserhalb des Zeichens $\int$ reducirt sich an den Gränzen 0 und 1 auf Null; die übrig bleibenden Glieder sind gleich und von entgegengesetztem Zeichen, mithin genügt $\varphi_{\prime}$ der Gleichung (1).

1) Moigno, *Traité de calcul Integral*, 38e *Leçon.* — Journal für die reine und angewandte Mathematik, Bd. 17, S. 369.

Man findet ferner an der citirten Stelle, dafs $r\varphi_{\prime}$ ein zweites particuläres Integral der Gleichung (1) ist, wenn man m in $-m$ verwandelt. Aber dieser Werth genügt nicht mehr, wenn man $m=x$ setzt, weil in diesem Fall die Gleichung nicht mehr als aus der Riccati'schen entsprungen angesehen werden kann. Um also das zweite particuläre Integral zu finden, sey:

$$\varphi = \alpha_{\prime}\varphi_{\prime},$$

wo $\alpha_{\prime}$ eine Function von r bezeichnet. Man findet dann leicht:

$$\alpha_{\prime} = \beta\int^{r}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^{2}} + \beta'$$

und das vollständige Integral der Gleichung (1) wird seyn:

$$\varphi = \beta'\varphi_{\prime} + \beta\varphi_{\prime}\int^{r}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^{2}},$$

wo β und β' willkührliche Constanten sind, und $\varphi_{\prime}$ das oben gegebene particuläre Integral, in welchem man $\alpha=1$ setzt.

Nun mufs φ, wenn man $r=\infty$ setzt, sich auf Null reduciren; in diesem Fall findet man $\varphi_{\prime}=\infty$, also $\beta=0$. Eben so reducirt sich das andere Glied auf Null, wenn man die untere Gränze des Integrals $=\infty$ setzt. Denn da, für $r=\infty$, $\varphi_{\prime}=\infty$ ist, so wird die Gröfse:

$$\varphi_{\prime}\int_{\infty}^{r}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^{2}} = \frac{\int_{\infty}^{r}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^{2}}}{\frac{1}{\varphi_{\prime}}},$$

ein Bruch seyn, der unter der Form $\frac{0}{0}$ auftritt, wenn man $r=\infty$ setzt. Leicht findet man durch die bekannten Regeln, dafs ihr wahrer Werth wird:

$$\frac{1}{\lambda t r\int_{0}^{1}\left(e^{\lambda t r} - e^{-\lambda r t}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^{2}}}},$$

welcher für $r=\infty$ verschwindet. Man hat sonach:

$$\varphi = \beta\varphi_{\prime}\int_{\infty}^{r}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^{2}}.$$

Die Constante β bestimmt sich, wenn man bemerkt, dafs $\varphi=\mu$, wenn $r=\varrho$, so dafs man haben wird:

$$\beta = \frac{\mu}{\int_0^1 \left(e^{\lambda t \varrho} + e^{-\lambda t \varrho}\right) \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}} \int_\infty^\varrho \frac{dr}{r \varphi_i^2}},$$

was die vollständige Lösung des Problems ist.

Bemerken wir, dafs, wenn man setzt $\varrho = 0$, man haben wird $\mu = \infty$, denn die Spannung wird nahe bei der Elektrode dem Radius vector umgekehrt proportional seyn, und in diesem Fall wird die Gröfse β, folglich auch φ unbestimmt. Mithin wird man die Gröfse der Elektroden nicht vernachlässigen können.

Eben so wird φ unendlich, wenn man die äufsere Leitungsfähigkeit vernachlässigt oder $\lambda = 0$ setzt; mithin ist die Formel nur auf den Fall der Natur anwendbar.

§. 7.

Wir wollen uns nun vornehmen, die Vertheilung der Elektricität in dem Fall zu finden, dafs die Ebene von einem galvanischen Strom durchlaufen wird, der durch zwei kreisrunde Elektroden von dem Radius $= \varrho$ und dem Abstand $2a$ eintritt. Sey φ' die Spannung eines Punkts vermöge blofser Wirkung der ersten Elektrode, φ'' die vermöge der der zweiten, und Φ die vermöge der gleichzeitigen Wirkung beider Elektroden, oder des galvanischen Stroms. Seyen r' und r'' die Radii vectores, gezogen von den Mittelpunkten der Elektroden zu dem Punkte x, y. Dann wird man haben:

$$\varphi' = \beta' \int_0^1 \left(e^{\lambda t r'} + e^{-\lambda t r'}\right) \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}} \int_\infty^{r'} \frac{dr}{r \varphi_i^2}$$

$$\varphi'' = \beta'' \int_0^1 \left(e^{\lambda t r''} + e^{-\lambda t r''}\right) \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}} \int_\infty^{r''} \frac{dr}{r \varphi_i^2}$$

$$\Phi = \alpha' \varphi' + \alpha'' \varphi''.$$

In dieser letzten Gleichung nimmt man $\beta' = \beta'' = 1$, indem man sie in α und α' mit umfafst. Nun hat man:

$$\Phi = \mu \quad \text{wenn } r' = \varrho \text{ und } r'' = 2a$$
$$\Phi = -\mu \quad \text{wenn } r'' = \varrho \text{ und } r' = 2a$$

und die Gleichungen (c) des §. 4 nehmen die Form an:

$$\alpha'\int_0^1\left(e^{\lambda t r}+e^{-\lambda t r}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\int_\infty^\varrho\frac{dr}{r\varphi_i^2}$$

$$+\alpha''\int_0^1\left(e^{2\lambda t a}+e^{-2\lambda t a}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\int_\infty^{2a}\frac{dr}{r\varphi_i^2}=\mu$$

$$\alpha'\int_0^1\left(e^{2\lambda t a}+e^{-2\lambda t a}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\int_\infty^{2a}\frac{dr}{r\varphi_i^2}$$

$$\alpha''\int_0^1\left(e^{2\lambda t\varrho}\ e^{\lambda t\varrho}+e^{-\lambda t\varrho}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\int_\infty^\varrho\frac{dr}{r\varphi_i^2}=-\mu,$$

aus welchem sich leicht ergiebt $\alpha'+\alpha''=0$. Und daher:

$$\alpha'=-\alpha''=\frac{\mu}{N},$$

wo N gleich:

$$\int_0^1\left(e^{\lambda t\varrho}+e^{-\lambda t\varrho}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\int_\infty^\varrho\frac{dr}{r\varphi_i^2}$$

$$-\int_0^1\left(e^{2\lambda t a}+e^{-2\lambda t a}\right)\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\int_\infty^{2a}\frac{dr}{r\varphi_i^2}.$$

Setzt man diesen Werth in Φ, so hat man die Spannung der Punkte r' und r'' vermöge des galvanischen Stroms und mit Rücksicht auf die äufsere Leitungsfähigkeit.

Allein eben so wie uns die Analyse bei Lösung der vorhergehenden Aufgabe gezeigt hat, dafs man die äufsere Leitungsfähigkeit nicht vernachlässigen darf, eben so zeigt uns die Analyse im gegenwärtigen Fall, dafs man von ihr absehen kann; denn, setzt man $\lambda=0$, so kann man den Nenner des vorstehenden Bruches unter folgender Form schreiben:

$$2\int_0^1\frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}\left\{\int_\infty^\varrho\frac{dr}{r\varphi_i^2}-\int^\varrho\frac{dr}{r\varphi_i^2}-\int_\varrho^{2a}\frac{dr}{r\varphi_i^2}\right\}=-\pi\int_\varrho^{2a}\frac{dr}{r\varphi_i^2},$$

wenn aber $\lambda=0$, hat man $\varphi_i=\pi$; also:

$$\alpha'=-\alpha''=-\frac{\mu\pi}{\log\frac{2a}{\varrho}},$$

so dafs man finden wird:

$$\Phi = -\frac{\mu\pi^2}{\log\frac{2a}{\varrho}}\left[\int_\infty^{r'}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^2} - \int_\infty^{r''}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^2}\right] = \frac{\mu\pi}{\log\frac{2a}{\varrho}}\int_{r'}^{r''}\frac{dr}{r\varphi_{\prime}^2}$$

$$= \frac{\mu}{\log\frac{2a}{\varrho}}\log\frac{r''}{r'} = \frac{\mu}{\log\frac{2a}{\varrho}}\log\sqrt{\frac{y^2+(x+a)^2}{y^2+(x-a)^2}},$$

wenn die Axe der x die Linie ist, welche die Centra beider Elektroden vereint, und in ihrer positiven Richtung durch die Elektrode von der Spannung μ geht; und die Axe der y die Linie, welche den Abstand der Centra der Elektroden in gleiche Theile theilt.

Bemerkung. Man kann diese Lösung auf folgende Weise betrachten. Führt man freie positive Elektricität durch die erste Elektrode, welche die Spannung $+\mu+\Delta\mu$ hat, und freie negative Elektricität durch die andere Elektrode von der Spannung $-\mu-\Delta\mu$, so kann man $\Delta\mu$ bestimmen, so daſs die Spannung der ersten $+\mu$ wird durch den Einfluſs der zweiten, und ebenso die der zweiten $-\mu$. Diese beiden Elektricitäten nun, die sich in der Ebene vereinigen, müssen darin denselben Effect hervorbringen, wie die Elektricität, welche aus dem galvanischen Strom entspringt, weil man einen galvanischen Strom hervorbringen kann, wenn man einen Bogen von den beiden Reibungs-Elektricitäten durchlaufen läſst.

§. 8.

Man kann auch von demselben Problem die folgende Lösung geben, die mir indeſs nicht so streng wie die erste erscheint. Die Gleichung des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität in einer Ebene ist:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{d^2y} = 0,$$

deren allgemeines Integral ist:

$$\varphi = F(y+x\sqrt{-1}) + F_{\prime}(y-x\sqrt{-1}).$$

Gebraucht man dieselben Coordinaten wie vorhin, so ist klar, daſs man haben wird $\varphi=0$, wenn $x=0$, wie auch y sey. Man hat also:

$$Fy + F_{\prime}y = 0,$$

oder vielmehr:

$$F(y-x\sqrt{-1})+F_{1}(y-x\sqrt{-1})=0,$$

und, wenn man F_{1} eliminirt, findet man:

$$\varphi=F(y+x\sqrt{-1})-F(y-x\sqrt{-1}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Setzt man die Spannungen der beiden Elektroden $=\mu$ und $=-\mu$, so hat man $\varphi=\mu$, wenn $y=\sqrt{\varrho^2-(x-a)^2}$. Die Gleichung (1) wird also:

$$F\{\sqrt{\varrho^2-(x-a)^2}+x\sqrt{-1}\}-F\{\sqrt{\varrho^2-(x-a)^2}-x\sqrt{-1}\}=\mu.$$

Setzen wir:

$$F(y+x\sqrt{-1})=M.\log\frac{y+b'+(x+a')\sqrt{-1}}{y+b'+(x-a')\sqrt{-1}}$$

$$F(y-x\sqrt{-1})=M.\log\frac{y+b'-(x-a')\sqrt{-1}}{y+b'-(x+a')\sqrt{-1}}$$

Klar ist, daſs wenn man für y seinen Werth

$$\sqrt{\varrho^2-(x-a)^2}$$

setzt, die Gröſse $x-a$ sehr klein seyn wird, man wird also $x=a$ und $y=\varrho$ setzen, im Fall a' und b' Gröſsen von solcher Ordnung sind, daſs die von der Ordnung ϱ vernachlässigt werden können. Die vorstehende Gleichung wird:

$$F\{\sqrt{\varrho^2-(x-a)^2}+x\sqrt{-1}\}-F\{\sqrt{\varrho^2-(x-a)^2}+x\sqrt{-1}\}$$

$$=M.\log\frac{b'+(a+a')\sqrt{-1}}{b'+(a-a')\sqrt{-1}}\times\frac{b'-(a+a')\sqrt{-1}}{b'-(a-a')\sqrt{-1}}.$$

Vernachlässigt man also die Gröſsen von der Ordnung ϱ, so wird der Function $F(v)$ genügt durch die Formel:

$$M\log\frac{v+m}{v+m'},$$

wo M, m und m' constante Gröſsen sind, zwar willkührliche, aber nicht von der Ordnung ϱ. Man hat demnach:

$$\varphi=\Sigma M.\log\frac{(y+b')^2+(x+a')^2}{(y+b')^2+(x-a')^2},$$

wo das Zeichen Σ eine Summe von Brüchen bedeutet, in derer jedem M, a' und b' einen verschiedenen Werth haben können.

Man müſste nun die im §. 5 angezeigte vierte Bedingung anwenden; allein man kann die für die Frage fremdartigen Glieder leichter entfernen, wenn man erwägt, daſs bei Superposition der Elektroden die Gröſse φ für alle

Punk-

Punkte der Ebene verschwinden mufs. Diesem genügt man, wenn man setzt $a'=a$. Dann mufs φ denselben Werth behalten, wenn man $-y$ statt y schreibt, was man nicht kann, wenn nicht $b'=0$. Man hat also:

$$\varphi = M.\log\frac{y^2+(x+a)^2}{y^2+(x-a)^2}.$$

Die Constante M bestimmt sich, wenn man erwägt, dafs man hat $\varphi=\mu$, wenn $y^2+(x-a)^2=\varrho^2$; daraus folgt $y^2+(x+a)^2=\varrho^2+4ax=4a^2$, sobald man die Glieder von der Ordnung ϱ vernachlässigt. Man hat also:

$$M = \frac{\mu}{\log\frac{4a^2}{\varrho^2}}.$$

Bemerkung. Gesetzt, die Radien der Elektroden hätten irgend eine Gröfse $=\varrho$, und die Spannung aller ihrer Punkte wäre constant $=\mu$, so würde man, ohne etwas zu vernachlässigen, haben:

$$\varphi = \frac{\mu}{\log.\frac{a+\sqrt{a^2-\varrho^2}}{a-\sqrt{a^2-\varrho^2}}}\log\frac{y^2+(x+\sqrt{a^2-\varrho})^2}{y^2+(x-\sqrt{a^2-\varrho})^2}.$$

§. 9.

Auf folgende Weise bestimmt man den Widerstand einer unbegränzten Ebene, wenn sie von einem galvanischen Strom durchlaufen wird. Seyen AB und $A'B'$ zwei einander unendlich nahe partielle Ströme. Der Raum zwischen ihnen wird der Weg seyn, den die Elektricität einschlägt, wenn sie von der einen Elektrode zur anderen geht. Der Widerstand des Raumes $AA'B'BB'$ wird gleich seyn der Summe der Widerstände der partiellen Elemente. Der Widerstand eines partiellen Elements ist ein Bruch, dessen Zähler proportional der Länge, und dessen Nenner proportional dem Querschnitt dieses Elements ist. Sey überdiefs:

$$F(x, y, \vartheta)$$

die Gleichung eines galvanischen Stroms; ϑ ist ein Parameter, welcher von Curve zu Curve variirt und sich folgendermafsen definiren läfst: jeder partielle Strom beginnt an einer der Elektroden und endet an der andern; man

nenne ϑ den Winkel, welchen die Tangente der Curve des partiellen Stroms am Punkte, wo sie an der Elektrode endet, mit der Axe der x bildet. Sey MM' eine Normale der beiden aneinanderliegenden Curven, so hat, wenn NM der Axe der y parallel ist:

$$tg\, M'MN = \frac{dy}{dx}$$

$$MM' = NM \cos NMM' = NM \frac{dx}{ds}.$$

Man wird von einer Curve zur anderen übergehen, wenn man y und ϑ in $y + \delta y$ und $\vartheta + \delta\vartheta$ verwandelt, und hat also dann:

$$\frac{dF}{dy}\delta y + \frac{dF}{d\vartheta}\delta\vartheta = 0$$

$$\delta y = NM = -\frac{\frac{dF}{d\vartheta}}{\frac{dF}{dy}}\delta\vartheta \quad \text{und} \quad MM' = -\frac{\frac{dF}{d\vartheta}}{\frac{dF}{dy}}\frac{dx}{ds}\delta\vartheta.$$

Sey k der Widerstand der Ebene, wenn der Strom die Einheit der Länge und Breite zurücklegt. Dann findet man für den Widerstand eines Elements, dessen Länge $NM' = ds$ und dessen Querschnitt MM' ist:

$$= -k \frac{\frac{dF}{dy} ds^2}{\frac{dF}{d\vartheta} dx . \delta\vartheta};$$

allein da man hat:

$$ds = \frac{\sqrt{\left(\frac{dF}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dF}{dy}\right)^2}}{\frac{dF}{dx}} dy \quad \text{und} \quad dx = -\frac{\frac{dF}{dy}}{\frac{dF}{dx}} dy,$$

so findet man für den Widerstand w des Raumes zwischen zwei anliegenden Curven:

$$w = \frac{2k}{\delta\vartheta} \int \frac{\left(\frac{dF}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dF}{dy}\right)^2}{\frac{dF}{d\vartheta} \cdot \frac{dF}{dx}} dy$$

Die untere Gränze der Integration wird seyn: $y = \varrho \sin\vartheta$ und die obere der Werth von y für den Fall, daſs man $x = 0$ setzt.

Man mufs sich wohl hüten Null für die untere Gränze der Integration zu nehmen, oder vielmehr die Gröfse der Elektroden zu vernachlässigen, denn dann würde das Integral unendlich werden, weil der Querschnitt ein unendlich kleines der zweiten Ordnung, die Länge des Elements aber ein unendlich Kleines der ersten Ordnung seyn würde.

Wenn die Elektricität mehre Drähte von den Widerständen λ, λ', etc. durchläuft, um von der einen zur anderen Elektrode zu gelangen, so wird der gesammte Widerstand L des Systems gegeben seyn durch die Formel:

$$\frac{1}{L}=\frac{1}{\lambda}+\frac{1}{\lambda'}+\ldots=\sum\frac{1}{\lambda}.$$

Man hat also in diesem Fall:

$$\lambda=\frac{2k}{\delta\vartheta}\int\frac{\left(\frac{dF}{dx}\right)^2+\left(\frac{dF}{dy}\right)^2}{\frac{dF}{d\vartheta}\cdot\frac{dF}{dx}}dy,$$

mithin:

$$\frac{1}{L}=\frac{1}{k}\int_0^\pi\frac{d\vartheta}{\int\frac{\left(\frac{dF}{dx}\right)^2+\left(\frac{dF}{dy}\right)^2}{\frac{dF}{d\vartheta}\cdot\frac{dF}{dx}}dy}$$

Um diese Formel auf den Widerstand der unbegränzten Ebene anzuwenden, hat man zunächst für die Differentialgleichung der Curven der partiellen Ströme:

$$\frac{dy}{dx}=\frac{\frac{d\varphi}{dy}}{\frac{d\varphi}{dx}}=\frac{2xy}{x^2-y^2-a^2},$$

welche unter die Form:

$$\frac{2yx\,dx-x^2dy}{y^2}+dy+\frac{a^2dy}{y^2}=0$$

gebracht werden kann, und deren Integral ist:

$$x^2+y^2-a^2=\alpha y.$$

Wenn man α in Function des oben erwähnten Parameters ϑ bestimmt, hat man $y=\varrho\sin\vartheta$, wenn $x=a-\varrho\cos\vartheta$; man findet also, bei Vernachlässigung der Gröfsen von der Ordnung ϱ:

$$\alpha=-2a\cot\vartheta$$

und die Gleichung der gesuchten Curve wird seyn:

$$F(x,\ y,\ \vartheta)=(x^2+y^2-a^2)\,tg\,\vartheta+2ay=0,$$

ferner findet man leicht:

$$w=-\frac{2ak}{\delta\vartheta}\int\frac{dy}{y\sqrt{\frac{a^2}{\sin^2\vartheta}-\left(y+\frac{a}{tg\,\vartheta}\right)^2}}.$$

Indem man setzt:

$$y+a\cos\vartheta=\frac{a}{\sin\vartheta}\cos\psi,$$

wo ψ eine neue Variable ist, wird man finden:

$$w=\frac{2k\sin\vartheta}{d\vartheta}\int\frac{d\psi}{\cos\psi-\cos\vartheta}=\frac{2k}{d\vartheta}\log\frac{1-\cos\psi\cos\vartheta+\sin\psi\sin\vartheta}{\cos\psi-\cos\vartheta},$$

Die Gränzen der Integration sind $y=\varrho\sin\vartheta$ und $y=a\dfrac{1-\cos\vartheta}{\sin\vartheta}$, oder vielmehr $\cos\psi=\dfrac{\varrho\sin^2\vartheta}{a}+\cos\vartheta$, und $\cos\psi=1$. Mithin ist:

$$w=\frac{2k}{a\vartheta}\log\frac{\sin^2\vartheta-\frac{\varrho}{a}\sin^2\vartheta\cos\vartheta+\sin\vartheta\sqrt{1-\left(\frac{\varrho}{a}\sin^2\vartheta+\cos\vartheta\right)^2}}{\frac{\varrho}{a}\sin^2\vartheta}$$

Das Integral verschwindet für die obere Gränze. Man hat also, wenn man im Nenner die mit ϱ multiplicirten Glieder vernachlässigt:

$$w=\frac{2k}{d\vartheta}\log\frac{2a}{\varrho},$$

so dafs der Widerstand der Ebene seyn wird:

$$\frac{k}{\pi}\log\frac{2a}{\varrho}.$$

II. *Galvanische und elektromagnetische Versuche; von M. H. Jacobi*[1]).

Zweite Reihe. Erste Abtheilung.
Ueber die Leitung galvanischer Ströme durch Flüssigkeiten.

20.

Im ersten Hefte von Poggendorff's Annalen vom Jahr 1845, S. 54, befindet sich ein interessanter, vom Herausgeber angestellter Versuch beschrieben. Hr. Poggendorff nahm einen Platindraht, und spannte denselben in der Axe eines $3\frac{1}{2}$ Zoll weiten aufrechtstehenden Glascylinders aus, den er bis zur Höhe von 80,5 Linien mit verdünnter Schwefelsäure anfüllte. Wurde nun der Widerstand des Drahts erst ohne die Flüssigkeit, dann mit der Flüssigkeit bestimmt, so wurde er in beiden Fällen genau gleich grofs gefunden. Hr. Poggendorff fügt hinzu, von einer Seitenausbreitung des Stromes aus dem Metall in die Flüssigkeit, wie sie zwischen zwei metallischen und selbst zwischen zwei flüssigen Leitern statt hat, sey hier keine Spur vorhanden. Dieser Versuch interessirte mich um so mehr, da ich schon früher bei meinen galvanoplastischen Arbeiten, obwohl unter einer ganz anderen Form, Fälle von Seitenströmungen gefunden, und auch im 10. Bande des *Bulletin scientifique*, *p.* 265, erwähnt hatte. Ich war daher begierig, den Poggendorff'schen Versuch unter einigen veränderten Bedingungen zu wiederholen, besonders da es mir nothwendig schien, aufser den Messungen der Leitungswiderstände und den Angaben des Galvanometers, diesen Versuch noch einer anderen Controle zu unterwerfen.

1) Uebersandt vom Hrn. Verf. aus den *Bull. phys. math. d. St. Petersb. Acad. T. V, No.* 6. — Die erste Reihe dieser Versuche findet sich in den Annal. Bd. 66, S. 207.

21.

Es leuchtet ein, daſs eine Seitenausbreitung des Stroms unter der im vorigen Artikel erwähnten Form, nur wahrgenommen werden kann, wenn man sich einer besonders gut leitenden Flüssigkeit und eines Drahtes bedient, der einen groſsen Widerstand darbietet. Ich wählte einen durch Marineleim sorgfältig wasserdicht gemachten Holzkasten von 20″ Länge, 3¼″ Breite und 4″ Höhe, und spannte darin, indem die schmalen Seitenwände durchbohrt wurden, einen 20″ langen Neusilberdraht straff aus. Der Draht, dessen Dicke No. 23 der im Handel gebräuchlichen englischen Drahtmaaſse entsprach, befand sich nicht in der Mitte des Kastens, sondern auf nur etwa drei Viertel-Zoll vom Boden ab, weil es mir vorkam, als müsse die Dicke der Flüssigkeitsschicht, wenn auch nur von einer Seite, bei diesem Versuche von Belang seyn.

22.

Bei den Beobachtungen selbst bediente ich mich meiner höchst empfindlichen Sinusbussole, an welcher ich durch Mikroskope Abweichungen von 15″ bis 30″ noch mit Bequemlichkeit wahrnehmen kann, und der von Kirchhoff im 64. Bande der Poggendorff'schen Annalen, S. 513, beschriebenen Methode, wonach die Beobachtungen immer in der vortheilhaftesten Lage der Nadel, im magnetischen Meridiane nämlich, angestellt werden können. Diese Methode, die mir von Hrn. Poggendorff besonders empfohlen worden ist, hat vor der von Wheatstone angegebenen den Vorzug einer beinahe unbegränzten Empfindlichkeit, indem die zu messenden Widerstände mit jedem beliebigen Factor multiplicirt werden können. Sind nämlich bei der in Taf. II, Fig. 11, gezeichneten Drahtverbindung die Widerstände der Drähte ab, bc, cd und da so regulirt, daſs $ab.cd = bc.ad$, so wird die Nadel des in bd eingeschalteten Multiplicators keine Abweichung erfahren. Ist nun der zu messende Widerstand y, in bc, und das Agometer mit den Windungen x, in ab eingeschaltet, so hat

man $\frac{yad}{dc} = x$. Bei der von mir getroffenen Einrichtung beträgt nach einer angestellten Messung $\frac{ad}{dc} = 9{,}6$ in runden Zahlen, so dafs also jede Veränderung von y sich am Agometer beinahe verzehnfacht.

23.

Nachdem nun der oben erwähnte, im Holzkasten ausgespannte Neusilberdraht bei y eingeschaltet und das Agometer x so weit gedreht worden, bis die Nadel sich genau wieder einstellte, wurde während der Beobachtung selbst von meinem Gehülfen eine völlig saturirte Kupfervitriollösung in den Kasten gegossen. Die Nadel erfuhr sogleich eine Ablenkung von etwa $1\frac{1}{4}$ Minute, und das Agometer mufste von seinem früheren Stande 14,209 auf 14,143 zurückgedreht werden, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Es hat also allerdings hier durch Hinzugiefsen der Flüssigkeit eine Veränderung des Leitungswiderstandes stattgefunden. Spätere Versuche indessen machen mich geneigt, obige geringe Abweichung der Nadel nur als zufällig zu betrachten, und vielleicht dem Umstande zuzuschreiben, dafs die Kupfervitriollösung, die in der Kälte gestanden hatte, eine niedrigere Temperatur als der Draht besessen, und so dessen Widerstand vermindert hatte. Da nun aber die obige Abweichung ganz im Sinne der Theorie gewesen, so war keine Veranlassung vorhanden, es abzuwarten, ob sich das Gleichgewicht nicht vielleicht ganz von selbst, ohne Zurückdrehen des Agometers, wieder hergestellt hätte.

24.

Nach Beendigung dieser Messung wurde der in Kupfervitriollösung ausgespannte Neusilberdraht mit einem kräftig geladenen, etwa drei Viertel-Quadratfufs darbietenden Grove'schen Elemente verbunden. Nach einer etwa halbstündigen Wirkung wurde die Flüssigkeit abgegossen und der Draht an dem mit dem Zink verbundenen Ende durch einen Kupferüberzug stark geröthet, das mit dem Platin ver-

bundene Ende aber stark geschwärzt befunden. Die Flüssigkeit wurde wieder hinzugegossen, aber nach etwa drittehalb Stunden unterbrach sich der Versuch, indem das Platinende des Drahts dicht an der Wand des Kastens durchgefressen worden war. Das Zinkende fand man mit einem Kupferüberzuge bedeckt, der an der Wand des Kastens am stärksten war, und sich über die Mitte des Drahts hinaus bis in's Unmerkliche verlief. Eine scharf abgeschnittene Gränze zwischen der Oxydation und Reduction hatte nicht stattgefunden; eine kurze Strecke des Drahts war ganz blank geblieben. Es geht also aus diesem Versuche hervor, *dafs allerdings ein Theil des Stroms durch die Flüssigkeit hindurch und von einem Theile des Drahts zum andern gegangen war.* An den Extremen desselben war offenbar die Wirkung am stärksten gewesen.

25.

In der Absicht das Zerfressen des Drahts zu vermeiden und so eine dickere reducirte Kupferschicht zu erhalten, an der man das allmälige Verlaufen der Dicke besser wahrnehmen, ja vielleicht messen könne, wiederholte ich den im vorigen Artikel beschriebenen Versuch ganz auf dieselbe Weise mit einem Platindrahte, dessen Dicke der No. 24 des Drahtmaafses entsprach. Nachdem dieser Draht bei y eingeschaltet und mit dem Agometer x aequilibrirt worden war, ergab sich durch Eingiefsen der Kupfervitriollösung eine solche Ablenkung, dafs das Agometer von seinem früheren Stande 9,602 auf 9,664 vorwärts gedreht werden mufste. Demnach wäre also der Widerstand des Platindrahts, statt geringer, im Gegentheil etwas gröfser geworden. Hierauf wurde der Platindraht mit demselben Platinelemente wie der frühere Neusilberdraht verbunden. Er erwärmte sich hierdurch bedeutend, aber nach einer zweistündigen Wirkung war noch keine Spur von Kupferreduction an demselben bemerklich. Als nun der Strom durch ein zweites Platinelement verstärkt worden war, zeigte sich nach mehrstündiger Wirkung ein höchst schwacher Kupferüberzug an dem äufsersten Zinkende, der sich aber schon auf etwa 1″

Länge ganz in's Unmerkliche verlief. Da die Gasentwicklung bei der Platinbatterie lästig geworden war, so wurde dieselbe durch sechs Daniell'sche Elemente ersetzt. Aber ungeachtet einer vier und zwanzigstündigen Wirkung hatte sich der Kupferüberzug nicht im mindesten ausgebreitet. Von einer Gasentwicklung, die doch eigentlich an dem mit dem negativen Elemente verbundenen Ende stattgefunden haben mufste, war keine Spur sichtbar. Ob der Grund, dafs der Platindraht sich anders verhält als der Neusilberdraht, allein in dem gröfseren Leitungswiderstande des letzteren zu suchen sey, mufs wohl vorläufig noch dahin gestellt bleiben.

26.

Es war unterdessen eine Veränderung an der in dem Diagramm verzeichneten Drahtverbindung vorgenommen worden, wodurch das Verhältnifs $\frac{ad}{dc}$, welches früher geringer gewesen, bis auf die früher, Art. 22, erwähnte Zahl 9,6 erhöht worden war. Derselbe Platindraht wurde wieder bei y eingeschaltet, und entsprach 14,957 Windungen des Neusilberagometers. Beim Hinzugiefsen der Kupfervitriollösung während der Beobachtung selbst, blieb diesesmal aber der Gleichgewichtswiderstand der Nadel völlig unverändert. Hierauf wurde noch ein Kupferdraht dem Platindrahte parallel in dem Troge ausgespannt, und die Verbindung mit einem Daniell'schen Paare auf die gewöhnliche Weise bewerkstelligt, um den Platindraht mit Kupfer zu überziehen. Ich beabsichtigte nämlich mir auf diese Weise einen Kupferdraht zu verschaffen, der bei einem grofsen Leitungswiderstande zugleich eine grofse Oberfläche darböte, um mit demselben den Versuch anzustellen. Vielleicht dafs die Wirkungslosigkeit des Platins von seiner gröfseren Polarisation hergerührt haben mochte. Nach 8 bis 10 Stunden Wirkung wurde die Kupfervitriollösung aus dem Troge entfernt, und der Leitungswiderstand dieses mit Kupfer überzogenen Drahts auf 7,288 Windungen des Agometers bestimmt. Beim Wiederhinzugiefsen der Flüs-

sigkeit fand auch hier nicht die geringste Ablenkung statt. Dieser mit Kupfer überzogene Platindraht wurde nun mit der aus sechs Daniell'schen Elementen bestehenden Batterie auf die frühere Weise verbunden. Aber nach mehr als 24stündiger Wirkung war nicht die mindeste Veränderung an dessen Oberfläche wahrnehmbar. Weder hatte sich das Kupferende geschwärzt, noch das Zinkende, dem Augenscheine nach, mit einem dickeren Ueberzuge belegt. Ein ähnlicher Versuch mit einem, mit noch dünnerem Kupferüberzuge versehenen Platindrahte wäre indessen gelegentlich zu wiederholen.

27.

Ich habe den obigen Versuch, §. 23, mit einem ganz ähnlichen Neusilberdrahte wiederholt, diesesmal aber ebenfalls beim Hinzugiefsen der Flüssigkeit nicht die mindeste Ablenkung der Magnetnadel bemerkt. Die Verbindung dieses Drahts mit einer Daniell'schen Batterie von vier Elementen wurde wie früher bewerkstelligt, aber die Höhe der Flüssigkeit über dem Drahte betrug diesesmal nur etwa $\frac{1}{2}''$. Auch bei diesem Versuche röthete sich das Zinkende des Drahts sehr bald, es dauerte aber diesesmal 5 bis 6 Stunden, ehe das entgegengesetzte Ende durchgefressen war. Auch hatte sich die Schwärzung des Drahts, eben so wie dessen Röthung auf der Zinkseite, nicht so weit wie früher ausgebreitet, und die Kupferschicht war, wie es schien, dünner geblieben.

28.

Endlich will ich noch folgenden Versuch berichten. In der Axe einer etwa $\frac{1}{5}''$ weiten, 38'' langen Barometerröhre, die mit Kupfervitriollösung gefüllt war, wurde ein Neusilberdraht straff ausgespannt. Nachdem die Verbindung mit einer sechsplattigen Daniell'schen Batterie gemacht worden war (vier Paare waren unwirksam gewesen), röthete sich das Zinkende schnell, der Ueberzug schien aber nach mehreren Stunden sich nicht weiter ausgebreitet zu haben. Nach einer 8- bis 10stündigen Wirkung, während welcher man nicht nachgesehen hatte, wurde aber Folgendes wahr-

genommen. Das Zinkende hatte sich nur auf etwa $1\frac{1}{2}''$ Länge mit einem schwachen Kupferüberzuge bedeckt, das weniger die bekannte hellrosenrothe Farbe, als vielmehr einen Stich in's Bräunliche darbot. Am Kupferende dagegen war der Draht ganz dicht beim Pfropfen durchgefressen. Der Draht hatte hierdurch seinen Zusammenhang verloren, und die diesem Kupferende gegenüberstehende Bruchstelle hatte sich, da der Strom nun unmittelbar durch die Flüssigkeit ging und das Zinkende als Kathode wirkte, ebenfalls auf etwa 1″ Länge mit Kupfer bedeckt.

29.

Als Resultat dieser Versuche geht nun hervor:

1) *dafs auch bei einem gerade ausgespannten Drahte ein Nebenstrom, obwohl von sehr geringer Stärke, durch die Flüssigkeit hindurch stattfindet;*
2) *dafs die Wirkung dieses Stroms an den Extremen des Drahts am stärksten ist;*
3) *dafs die Ausbreitung dieser Wirkung weniger von der Stärke des Stroms, als von den verhältnifsmäfsigen Dimensionen und Widerständen des Drahts und der Flüssigkeit abhängt.*

Unwahrscheinlich ist es, besonders nach dem letzten Versuche, wo bei einer nur $\frac{1}{10}''$ dicken Flüssigkeitsschicht die um 38″ entfernten Extreme des Drahts am stärksten afficirt wurden, dafs die Ausbreitung dieser Nebenströme in bogenartigen Curven geschieht, wie dieses wohl angenommen zu werden pflegt.

III. *Galvanische und elektromagnetische Versuche; von M. H. Jacobi* [1]).

Zweite Reihe. Zweite Abtheilung.

Ueber magneto-elektrische Maschinen.

30.

Bei meinem im vorigen Jahre auf Befehl Sr. Kaiserl. Hoheit des Grofsfürsten Michael Pawlowitsch unternommenen wissenschaftlichen Ausfluge nach Deutschland, sah ich mit grofser Freude bei Hrn. Mechanikus Stöhrer in Leipzig die von ihm construirten magneto-elektrischen Maschinen. Dieselben befinden sich zwar im 61. Bande von Poggendorff's Annalen beschrieben, jedoch construirt sie Hr. Stöhrer jetzt mit einigen Verbesserungen, und namentlich in gröfseren Dimensionen. Die Wirkungen dieser Maschinen sind in der That wundervoll, und wahrhaft zauberhaft glänzen die Funkenströme, welche sich beim jedesmaligen Unterbrechen des Stroms entwickeln. Aber ich erinnerte mich hierbei recht lebhaft des ersten schwachen, beinahe unsichtbaren magnetischen Funkens, zu dessen Wahrnehmung es eines dunkeln Zimmers und einer Menge anderer Kunstgriffe bedurfte. Die jüngere Generation, welche diesen ersten Funken nicht erlebte und nicht kennt, entbehrt natürlich auch der Freude an dieser rapiden Entwicklung, welche die ältere Generation empfindet. Bei den in den Cabinetten verbreiteten Clarke'schen Maschinen wird bekanntlich nur durch die Intensitätsarmatur angesäuertes Wasser zersetzt, indessen darf man hierzu gewöhnlich als Elektroden nur feine zugespitzte Platindrähte nehmen, denn bei Anwendung dicker Drähte oder kleiner Platinplatten gelingt es nur in selteneren Fällen eine Was-

1) Uebersandt vom Hrn. Verf. aus dem *Bull. phys. math. d. St. Petersb. Acad. V, p.* 7 und 8.

serzersetzung zu bewirken. Bei der Stöhrer'schen Maschine dagegen, die ich sah, findet eine höchst lebhafte Gasentwicklung an Platinelektroden von bedeutender Oberfläche statt.

31.

An diesen energischen chemischen Effect, dessen ich die magneto-elektrischen Maschinen kaum für fähig gehalten hätte, knüpften sich mir nun folgende Betrachtungen. Ich habe bei einer früheren Gelegenheit (*Bulletin*, *T. X*, *p.* 71) den gegenwärtigen Standpunkt der elektro-magnetischen Maschinen bezeichnet. Abgesehen von manchen technischen und constructiven Schwierigkeiten, die sich überwinden lassen, resumirt sich das, was der Einführung dieser Maschinen in die Industrie entgegensteht, in dem einfachen Satze: *dafs die chemische Kraft bis jetzt noch theurer ist, als die mechanische.* Ich meine nämlich die chemische Kraft, wie sie in den bisher gebräuchlichen galvanischen Batterien nach *einer* Ansicht, der ich beistimme, als *Begleiterin*, nach einer anderen Ansicht aber als *Ursache* des galvanischen Stroms thätig ist; auf welchen Meinungsunterschied übrigens, in Bezug auf das Resultat, nicht so gar viel ankommt. Denn wie dem auch sey, ein galvanischer Strom bedingt die chemische Umwandlung mehr oder weniger kostbarer Stoffe, in der Art, dafs der Werth des nutzbaren Products, die mechanischen Effecte mit eingerechnet, mit den Haupt- und Nebenkosten des Materials noch nicht in das gehörige Verhältnifs gebracht ist.

32.

Schon in den Anfangsgründen der Logik wird gelehrt, man könne keinen Satz ohne Beweis rein umkehren. Auch der im vorigen Artikel aufgestellte Satz unterliegt dieser Beschränkung. Denn wenn auch die Thatsache feststeht, dafs galvanische Kräfte auf mechanischem Wege durch Vermittlung der Magneto-Elektricität erzeugt werden können, so bedürfte doch die Frage, ob eine solche Erzeugung zweckmäfsig oder ökonomisch sey, noch einer sorgfältigen Erörterung. Aber diese Erörterung theoretisch und practisch

durchzuführen, wäre nicht nur von hohem wissenschaftlichen, sondern auch von industriellem Interesse, da die galvanischen Kräfte auf dem breiten Wege, den ihnen die Galvanoplastik eröffnet hat, bereits ihren glorreichen Einzug in die Werkstätten der Industrie gehalten haben, und dort in colossalem Maafsstabe verwendet werden. Ihre wohlfeile und bequeme Hervorbringung ist eine Angelegenheit von hoher Wichtigkeit geworden.

33.

Bereits vor einigen Jahren hat ein Engländer, Woolrich, ein Patent genommen, um mittelst der magneto-elektrischen Maschine zu vergolden und zu versilbern. Dieses Patent hat weiter kein Aufsehen erregt, und, wie es scheint, auch keinen bedeutenden Erfolg gehabt, da Jedermann weifs, wie die zu obigen Zwecken gewöhnlich verwendeten alkalischen Gold- und Silbersolutionen zu ihrer Zersetzung nur die schwächsten, zu anderen Zwecken oft völlig unbrauchbaren galvanischen Batterien bedürfen, ja, um gute Resultate zu erlangen, solche Batterien geradezu fordern. Die Unbequemlichkeit, eine solche Maschine beständig drehen zu müssen, konnte keinen Ersatz liefern für die geringe, zum Vergolden und Versilbern erforderliche Quantität Zink oder Eisen.

34.

Der Fabrikant, welchem man von der Einführung der magnetischen Maschine, z. B. zu galvanoplastischen Zwecken, spräche, indem man zu ihrer Betreibung auf eine Dampfmaschine hinwiese, würde sogleich fragen, wie viel Kohlen zur galvanoplastischen Reduction von 1 Pud Kupfer erforderlich wären. Die Antwort auf diese Frage wäre leicht, wenn es in der Wissenschaft erlaubt wäre voreilig zu verfahren [1]). Es wäre nämlich nur nöthig, alle vermittelnden Momente, welche zwischen den beiden chemischen Processen, dort im Feuerungsraume des Dampfkessels, hier im galvanoplastischen Zersetzungstroge stattfinden, es wäre nur nöthig alle diese complicirten Zwischenglieder zu übersprin-

1) Siehe Liebig's chemische Briefe, S. 116.

gen, diese wahrhaft gordischen Knoten, ohne Alexander zu seyn, geradezu zu durchhauen und ein Resultat zu anticipiren, das einen der gröfsten Fortschritte in unserer Erkenntnifs der Dinge bezeichnen würde, wenn es jemals gelänge es gründlich zu erweisen. Ich meine nämlich, man würde das relative Atomengewicht des Kohlenstoffs und des Kupfers anführen, und nur an das bekannte Verhältnifs zwischen Ursache und Wirkung appelliren, um die Natürlichkeit oder das Sichvonselbstverstehen einer definitiven Wirkung auch hier zu erweisen. $7\frac{1}{2}$ Pfund Kohle seyen das chemische Aequivalent von 1 Pud Kupfer. Durch Verbrennung von $7\frac{1}{2}$ Pfund Kohlen hebe man ein gewisses Gewicht auf eine gewisse Höhe. Liefse man dieses Gewicht wieder herunterfallen, so müfste man vermittelst der hierdurch gewonnenen mechanischen Kraft, die zur Bewegung von Magneten verwendet würde, natürlich auch ein Pud Kupfer galvanisch reduciren können, denn Ursache und Wirkung seyen sich überall gleich — aequivalent. Bisher wäre zur Reduction von diesem Pud Kupfer etwas mehr als ein Pud Zink erforderlich gewesen, was wegen der Unbrauchbarkeit des Zinksalzes weit höher zu stehen komme als obige $7\frac{1}{2}$ Pfund Kohle. Der Vortheil liege also auf der Hand. Wir können indessen die Anwendung mechanischer Kräfte zur Erzeugung galvanischer Ströme nicht durch solche oberflächliche Argumente rechtfertigen, wir müssen vielmehr eingestehen, dafs wir bisher in dieser Beziehung nur sehr geringe Anhaltpunkte haben.

35.

Aus den Gesetzen der elektro-magnetischen Maschinen, welche ich bei einer früheren Gelegenheit entwickelt habe, erlaube ich mir folgenden schönen und einfachen Satz zu wiederholen: Man denke sich eine galvanische Batterie, die vermittelst eines langen Leitungsdrahts geschlossen ist und in einer gewissen Zeit eine Quantität Zink consumire, die man mit Z bezeichnen möge. Nimmt man diesen Leitungsdraht und windet ihn um die Eisenstäbe einer elektromagnetischen Maschine, so ändert sich die Zinkconsumtion

nicht, so lange die Maschine in Ruhe verharrt. Sobald dieselbe aber zu gehen anfängt, vermindert sich die Zinkconsumtion, und wird desto geringer, jemehr der Gang der Maschine sich beschleunigt. Belastet man dieselbe, um ihre Geschwindigkeit zu vermindern, so vermehrt sich die Zinkconsumtion wieder. Nun weiſs man, daſs die sogenannte mechanische Arbeit dem Producte aus der Geschwindigkeit in die Belastung oder der Kraft proportional ist. Es wird also das Verhältniſs zwischen Kraft und Geschwindigkeit so gewählt werden können, daſs das Product beider sich zum Maximo erhebt. Hat man nun eine solche Anordnung getroffen, so findet man, daſs die Zinkconsumtion jetzt nur $\frac{1}{2}$ Z beträgt. Es lassen sich an diese Erscheinung eine Menge interessanter Betrachtungen knüpfen, welche wir aber für jetzt übergehen wollen. Als zunächst liegende und uns bekannte Ursache dieser, beim Gange der elektromagnetischen Maschinen eintretenden Verminderung der elektrolytischen Kraft ist nun die magneto-elektrische Reaction zu betrachten, welche einen entgegengesetzten Strom erzeugt, der also für sich unbedingt im Stande gewesen wäre, in derselben Zeit einen dem $\frac{1}{2}$ *Z* proportionalen elektrolitischen Effect hervorzubringen. Hier treten wir nun allerdings auf das Gebiet bekannterer Verhältnisse, so daſs die nachstehende Folgerung vielleicht nicht zu übereilt erscheint. Gesetzt man hätte eine ähnliche Maschine, wie die vorausgesetzte elektro-magnetische, wobei aber, statt der Elektromagnete, permanente Magnete von gleicher Stärke angebracht wären, so würde die Drehung einer solchen magnetischen Maschine mit der dem früher erwähnten Maximo entsprechenden Geschwindigkeit, einen Aufwand von Arbeit erfordern, welcher der Arbeit jener elektromagnetischen Maschine gleich käme, und eben so würden die elektrolytischen Zersetzungen in beiden Fällen gleich seyn, d. h. dort würde $\frac{1}{2}$ *Z* consumirt werden, um die Arbeit *T* zu *erzeugen*, hier würde die Arbeit *T* aufgewendet werden, um $\frac{1}{2}$ *Z galvanisch aufzulösen.* Die durchgreifende Reciprocität, welche Elektro-Magnetismus und Magneto-

Elek-

Elektricität auf dem Gebiete geometrischer Phänomene zeigen, lassen erwarten, dafs diese Reciprocität auch in dynamischer Beziehung stattfinden werde; nur läfst sich der Beweis nicht so leicht führen, da es beinahe gänzlich an Mitteln fehlt, mechanische Kräfte genau zu messen. Ist also in dem einen Falle, wie wir gleich anfangs gesagt, und wie uns und Andern mühselige Erfahrungen gelehrt haben, ist also in dem einen Falle $\frac{T}{\frac{1}{2}Z}$ dem industriellen Interesse nicht entsprechend, so ist eine grofse Wahrscheinlichkeit vorhanden, es werde in Fällen, wo von Anwendung galvanischer Kräfte im Grofsen die Rede ist, der öconomische Effect der magnetischen Maschinen $\frac{\frac{1}{2}Z}{T}$ ein vortheilhafterer seyn. Aus den in den Cabinetten gebräuchlichen Maschinen, die etwa nur zeitweise zu Experimenten benutzt werden, lassen sich freilich diese Folgerungen noch nicht ziehen, denn bei ihnen absorbirt die Unvollkommenheit des zur Hervorbringung der schnell rotirenden Bewegung gewöhnlich angewandten Mechanismus offenbar den gröfsten Theil der zur Drehung verwandten mechanischen Arbeit. Indessen bietet der grofse Reichthum mechanischer Organe, den wir besitzen, Mittel genug dar, die durch die Organe der Bewegung selbst entstehenden Nebenhindernisse auf ihr Minimum herabzubringen. In gröfseren Anstalten, wo sonst schon bedeutende bewegende Kräfte, Wasserfälle, Dampfmaschinen u. s. w., zu anderen Zwecken verwendet werden, kommt es gewöhnlich auf eine Pferdekraft mehr oder weniger nicht an, und es steht kaum zu bezweifeln, dafs bei zweckmäfsiger Anordnung eine solche Menge eiserner Armaturen durch diese eine Pferdekraft in Rotation versetzt werden können, um dadurch als reichliches Aequivalent eine ansehnliche elektrochemische Kraft zu beliebiger Verwendung zu erhalten. Ich breche diese allgemeine Betrachtung jetzt ab, mit dem Vorsatze, sie namentlich in Bezug auf die vortheilhafteste Anordnung der magneto-elektrischen Maschinen mit nächstem wieder aufzunehmen. Ich

erlaube mir aber der Academie einige messende und vergleichende Versuche vorzulegen, welche mit einer magnetoelektrischen Maschine angestellt worden sind, die ich schon vor geraumer Zeit habe construiren lassen.

36.

Die Fig. 12, Taf. II, zeigt die allgemeine Anordnung dieser Maschine. Sie besitzt zwei combinirte Magnete, von denen jeder aus acht Lamellen besteht, die $\frac{1}{4}''$ dick, $1\frac{1}{8}''$ breit, und von den Polen bis zur äufseren Linie des Buges $10\frac{3}{8}''$ lang sind. Die innere Schenkelweite dieser Lamellen beträgt $2\frac{1}{4}''$. Diesen Magneten gegenüber rotiren zwei Cylinder von weichem Eisen, welche $2\frac{1}{2}''$ lang sind und $1\frac{3}{8}''$ im Durchmesser haben. Die sie umgebenden Inductorrollen sind etwas kürzer, und haben den doppelten, nämlich $2\frac{3}{4}''$ Durchmesser. Sie bestehen jede aus 210 Windungen eines doppelt mit Seide besponnenen Kupferdrahts von No. 17 und 18 der gewöhnlichen englischen Drahtmaafse. Diese Rollen sind neben einander verbunden, so dafs man sie gewissermafsen betrachten kann, als beständen sie zusammen aus 210 Windungen eines Drahts von doppeltem Querschnitte. Die Axe läuft in Spitzen und trägt eine kleine Schnurrolle und einen Commutator, dessen Theile durch Elfenbein getrennt sind, und der bei jeder Umdrehung den Strom zwei Mal wechselt, so dafs man einen inducirten Strom nach *einer* Richtung erhält. Die andern meist bekannten Einrichtungen sind zum Theil durch die anfängliche particuläre Bestimmung dieser Maschine bedingt worden, und bieten weiter nichts Eigenthümliches dar. Zu dieser Maschine gehört noch eine andere Axe mit zwei, aus äufserst feinem Drahte bestehenden Inductorrollen, von denen bei den nachstehenden Versuchen aber nicht die Rede seyn wird.

37.

Bei Anwendung der zuerst beschriebenen Inductorrollen wird, wenn die Drähte hinter einander verbunden sind, ein $\frac{1}{2}''$ langer, sehr dünner Platindraht nicht, oder nur äufserst schwach glühend. Werden die Inductorrollen aber

neben einander verbunden, so tritt das Glühen desselben Drahts schon bei ganz langsamer Drehung ein, bei schnellerer Drehung verbrennt der Draht. Ein Zoll desselben Platindrahts kann noch weifsglühend gemacht werden; gröfsere Längen werden nur dunkelroth glühend oder nur erwärmt. 700 Fufs Draht von derselben Dicke wie der, aus dem die Inductorrollen bestehen, in die Kette eingeschaltet, erlauben noch den $\frac{1}{2}''$ langen Draht zum Glühen zu bringen; dasselbe ist der Fall, wenn zwei Drähte zwischen No. 17 und 18, jeder von 1400 Fufs Länge, neben einander eingeschaltet werden.

Mit nicht zu dünnem Drahte bewickelte Hufeisen können durch diese Maschine zu äufserst kräftigen Elektro-Magneten gemacht werden.

38.

Zu meinen gewöhnlichen Versuchen und auch zu kleineren galvanoplastischen Reductionen bediene ich mich gewöhnlich Daniell'scher Elemente, deren hauptsächlichste Dimensionen ich angeben will. Ein äufserer Kupfercylinder von 6'' Höhe und 3'' Durchmesser. Ein Thonbecher von 2'' innerem Durchmesser und 6'' innerer Höhe; darin ein viereckiges Stück Zink, in frischem Zustande $1\frac{1}{2}''$ breit, $\frac{3}{4}''$ dick und $6\frac{1}{4}''$ hoch. Kupfervitriolkrystalle im Vorrathe befinden sich in einem mit dem Kupfercylinder auf zweckmäfsige Weise verbundenen Reservoir. Zwischen einem solchen Daniell'schen Elemente und meiner magneto-elektrischen Maschine war es mir wichtig einen Vergleich anzustellen, in der Art, wie ich es früher zwischen den Grove'schen und den Daniell'schen Batterien gethan habe. Ich wählte zu diesem Zwecke meine alte Nervander'sche Tangentenbussole, deren ich mich zu einem grofsen Theile meiner früheren Arbeiten, zum Theil auch gemeinschaftlich mit Hrn. Lenz bedient hatte. Es ist ein glücklicher Umstand bei dieser Bussole, dafs die allerdings nicht ganz leichte Nadel, welche einen in ein Oelgefäfs tauchenden Platinflügel trägt, bei regelmäfsiger Drehung der magnetischen Maschine, nach einigen Schwingungen still steht, und durch

die beim Wechsel der Stromesrichtungen eintretenden Unterbrechungen des Stroms nicht im mindesten afficirt wird.

Durch vorhergegangene Messungen mit dem Agometer waren der Leitungswiderstand der Multiplicatorrolle, inclusive eines Hülfsdrahts $L = 40,923$, der Inductorrollen $M = 14,026$, und eines zweiten Hülfsdrahts $L' = 48,113$ bestimmt worden. Setzen wir die elektromotorische Kraft der Maschine $= A$, so läfst sich dieselbe schon durch *eine* Messung erhalten, und zwar ergab sich:

$$\frac{A}{54,949} = tg\, 37^\circ\, 12',$$

oder:

$$A = 41,71.$$

Aus einer zweiten Messung, wobei der Hülfsdraht L' eingeschaltet worden war, erhielt man:

$$\frac{A}{103,062} = tg\, 24^\circ\, 12',$$

oder:

$$A = 46,33.$$

Ich will hierbei bemerken, dafs die angegebenen Winkelmessungen die Mittel aus mehreren, wenig von einander abweichenden Beobachtungen sind, die auf beiden Seiten der Gleichgewichtslage der Nadel angestellt worden waren, und dafs eine directe Einwirkung der in ansehnlicher Entfernung befindlichen Maschine auf die Nadel nicht stattgefunden hat. Bei diesem Versuche konnte, einiger zufälligen Unbequemlichkeiten wegen, die noch stattfanden und die später abgeändert wurden, die Maschine nicht mit der gehörigen Geschwindigkeit gedreht werden, so dafs etwa nur 1105 Wechsel in der Minute oder 18,4 Wechsel in der Secunde stattfanden.

39.

Bei der Messung des oben beschriebenen Daniell'schen Paares, zu dessen Zinkflüssigkeit Schwefelsäure von 20facher Verdünnung genommen worden war, befand sich der Draht der Inductorrollen nicht mit in der Kette; wir haben daher aus den folgenden beiden Messungen:

$$\frac{A}{F + 40,923} = 29^\circ\, 32'$$

und:

$$\frac{A}{F+89{,}036}=15^{\circ}\,46'$$

A und F auf die bekannte Weise abzuleiten, nämlich:

$$A=27{,}08 \text{ und } F=6{,}876.$$

Man ersieht also hieraus, dafs die elektromotorische Kraft der magnetischen Maschine bedeutend gröfser ist als die eines Daniell'schen Plattenpaares, dafs aber der Widerstand des letzteren geringer ist als der Widerstand der Inductorrollen.

40.

Aus dieser vergleichenden Bestimmung lassen sich nun schon jetzt die meisten Fragen über den relativen Werth beider Apparate beantworten. Wäre z. B. die Rede davon, sich statt der Daniell'schen Batterie meiner Maschine zu galvanoplastischen Reductionen zu bedienen, so würde dieses, ihrer hohen Intensität wegen, nur dann mit Erfolg geschehen können, wenn man den magneto-elektrischen Strom durch mehrere Zersetzungsapparate hinter einander gehen liefse. Dagegen würde sie denjenigen Zwecken mehr entsprechen, die mehrere Plattenpaare hinter einander erfordern. Stellt man sich nun die Frage: wie wäre die Drahtumwicklung dieser Maschine einzurichten, um der Wirkungsweise eines einfachen Daniell'schen Paares zu entsprechen, so kann man auch diese Frage leicht beantworten, wenn man vorläufig noch die bekannten Gesetze der Elektro-Magnete, nach denen unter gleichen Umständen die elektromotorischen Kräfte sich verhalten, wie die Anzahl der in der Inductorrolle enthaltenen Windungen, als richtig betrachtet und zu Hülfe nimmt. Wir werden daher einen der Daniell'schen Batterie analogen Effect erhalten, wenn wir der Inductorrolle, statt 210, nur etwa 123 Windungen geben, da 46 : 27 = 210 : 123. Dabei kann man den Durchmesser der Inductorrolle beibehalten und dieselbe aus dickerem Drahte bestehen lassen. Da nun aber die Leitungswiderstände der um gleiche Rollen gewickelten Drähte sich verhalten wie die Quadrate aus der Anzahl der Windungen, so hat man für den Leitungswiderstand einer aus

entsprechend dickerem Drahte bestehenden Inductorrolle nach Artikel 38 und 40:

$$\frac{123^2}{210^2} \cdot 14{,}026 = 4{,}8.$$

Die Leistung unserer Maschine würde alsdann der einer einfachen Daniell'schen Batterie gleichkommen, deren Oberfläche sich zu der des oben beschriebenen Elements wie ungefähr 7 : 5 verhielte. Welche von beiden Anordnungen der Inductorrolle galvanoplastischen Zwecken am besten entspräche, hinge von Umständen ab, deren wahrscheinlich nicht ganz leichte Erörterung vorläufig bei Seite liegen bleiben mufs. Ich habe mir übrigens vorgenommen diese Abänderungen zu treffen, und den Durchmesser der Inductorrollen durch Hinwegnahme des zwischen denselben befindlichen Stückes der Axe noch um etwas zu vermehren. Von den damit angestellten Versuchen werde ich mir erlauben der Academie zur Zeit Rechenschaft abzulegen.

41.

Ich habe bisher absichtlich den Umstand mit Stillschweigen übergangen, dafs sich aus den Art. 38 gegebenen Beobachtungen zwei Werthe für die elektromotorische Kraft der magnetischen Maschine, nämlich 41,7 und 46,3, ergeben, deren Unterschied durch die wahrscheinlichen Beobachtungsfehler sich keineswegs rechtfertigen lasse. Der Leitungswiderstand der Inductorrollen war nur gemessen worden, um eine Controle zu haben; würden wir nun aber aus den beiden oben gegebenen Beobachtungen die Ohm'schen Elemente berechnet haben, so hätten wir für den Leitungswiderstand der Inductorrollen, statt der durch Messungen bestimmten Zahl 14,026, die Zahl 28,914, und für die elektromotorische Kraft, statt 46,3, sogar 53 erhalten, welche Rechnung also durchaus falsche Resultate gegeben hätte. Erwähnen will ich bei dieser Gelegenheit, dafs, nach der vortrefflichen Arbeit W. Weber's über die Stöhrer'sche Maschine zu schliefsen, bei letzterer, eine, mit Vergröfserung des aufserwesentlichen Widerstandes, eintretende Erhöhung der elektromotorischen Kraft nicht wahrgenommen worden ist. ([illegible]gend. Annal. Bd. 61. S. 431.)

Ich werde sogleich weitere Versuche über diesen Gegenstand anführen, vorher aber eine kleine Bemerkung einschalten, die, so viel ich mich erinnere, von Andern noch nicht gemacht worden ist. Berechnet man nämlich die elektromotorische Kraft auf die gewöhnliche Weise, so erhält man bekanntlich:

$$A=\frac{xx'(L'-I)}{x-x'},$$

wo x, x' die respectiven, den eingeschalteten und gemessenen Widerständen L, L' entsprechenden Stromesstärken sind. Nähme man nun an, dafs sich durch die Messung selbst die elektromotorische Kraft verändert habe, so erhielte man aus:

$$\frac{A}{F+L}=x \text{ und } \frac{nA}{F+L'}=x'$$

$$A=\frac{xx'(L'-L)}{nx-x'},$$

woraus sich ergiebt:

$$A(x-x')=A(nx-x'),$$

oder:

$$A=nA+\frac{A(n-1)x'}{x-x'},$$

d. h. *dafs in allen Fällen, wo die elektromotorische Kraft von einer Beobachtung zur andern, und zwar durch Verringerung der Stromesstärke, gewachsen ist (alsdann ist $n>1$ und $x>x'$), die Resultate der auf die gewöhnliche Weise angestellten Berechnung immer zu hoch, und zwar höher noch, als die höchste der wirklich stattgehabten elektromotorischen Kräfte, ausgefallen sind.*

42.

Bei den magneto-elektrischen Maschinen läfst sich nun übrigens leicht übersehen, dafs durch Vermehrung des Leitungswiderstands in der Kette die elektromotorische Kraft in der That wachsen müsse. Abgesehen von dem Einflusse, welchen die Geschwindigkeit der Rotation und die Beschaffenheit der Inductorrolle auf die elektromotorische Kraft haben, wird dieselbe bedingt durch die Intensität des im Eisenkerne erregten Magnetismus, oder vielmehr durch die

aus Besorgniſs, die Versuchsreihe wiederum zu unterbrechen, ein zu starkes Anspannen der Schnur vermieden hatte. Aus diesem Grunde behalte ich es mir vor, in der Folge noch andere Versuchsreihen beizubringen, um eine sicherere Basis zu haben für die Entwicklung eines empirischen Gesetzes, welches die gegenseitige Beziehung ausspräche, in welcher bei den magneto-elektrischen Maschinen die beiden Ohm'schen Elemente zu einander stehen.

Tabelle I.

No. der Versuche.	Totaler, in der Kette befindlicher Leitungswiderstand.	Ablenkung an der Tangentenbussole.	Elektromotorische Kraft.
1	67	37° 20′	51,10
2	77,6	35	54,34
3	88,2	32 30	56,19
4	98,8	29 40	56,28
5	109,4	27 50	57,76
6	120	24 20	54,27
7	130,8	22 30	54,18
8	147	20 50	55,94
9	174	18 30	58,22
10	201,5	16 30	59,69
11	229	14 40	59,94
12	285	12 10	61,45
13	342	10 20	62,36
14	400	9 20	65,76

44.

Durch einige an dem Bewegungsapparate vorgenommene Abänderungen war es gelungen, in der Minute, statt früher 85, jetzt 150 Umdrehungen, oder in der Secunde 32,5 Wechsel mit Bequemlichkeit bewirken zu können [1]). Man erhielt hieraus, als Mittel zweier auf beiden Seiten des magnetischen Meridians angestellten Beobachtungen bei Einschaltung der früheren, Art. 38 angewandten Leitungswiderstände:

$$\frac{A}{54,949} = tg\ 46^{\circ}\ 45'$$

$$\frac{A}{103,062} = tg\ 33^{\circ}\ 30',$$

1) Das Verhältniſs des Schnurrades zur Schnurrolle ist wie 1 : 6,5

woraus sich ergiebt:

$$A = 58{,}42$$

und:

$$A = 68{,}42.$$

Es hat sich also auch hier eine bedeutende Vergröfserung der elektromotorischen Kraft bei den durch Vermehrung des Leitungswiderstands erhaltenen schwächeren Strömen ergeben.

45.

Ich will noch erwähnen, dafs dieselbe Anzahl Wechsel in der Secunde, bei einem Voltameter mit Platinplatten von ungefähr $\frac{1}{4}$ Quadratzoll Oberfläche, 0,47 engl. Kubikzoll Knallgas in der Minute, und bei einem anderen Voltameter mit ungefähr $\frac{3}{4}$ Quadratzoll Oberfläche 0,66 Kubikzoll Gas in der Minute lieferte. Nach Hrn. Stöhrer's Angabe aber giebt seine früher construirte kleinere Maschine, bei Anwendung von 100 Quadratmillimeter = 1,5 Quadratzoll haltenden Platinelektroden, eine etwas geringere Gasquantität, nämlich in 110 Secunden 1 Kubikzoll.

Als Vergleichungspunkt kann dienen, dafs drei Daniell'sche Elemente, von den oben erwähnten Dimensionen und auf oben erwähnte Weise geladen, mit den kleineren Elektroden 0,30 Kubikzoll, mit den gröfseren Elektroden 0,46 Kubikzoll Knallgas, also bedeutend weniger als meine magnetische Maschine lieferten. Dagegen erhielt man durch vier solcher Elemente mit den kleineren Elektroden 0,57 Kubikzoll, mit den gröfseren Elektroden 0,76 Kubikzoll Knallgas in der Minute.

46.

Der aus meinen obigen Versuchen sich ergebende Umstand: dafs bei den magnetischen Maschinen mit der Einschaltung gröfserer Widerstände zugleich eine Erhöhung der elektromotorischen Kraft eintritt, scheint nicht allein auf diese *eine* Quelle galvanischer Ströme beschränkt zu seyn. Auch bei hydrogalvanischen Ketten ist eine Vergröfserung der elektromotorischen Kraft, bei Einschaltung gröfserer Leitungswiderstände, nicht nur mir, sondern auch anderen Physikern — ich führe namentlich Hrn. Poggendorff an, mit

dem ich vorigen Sommer über diesen Gegenstand gesprochen — auffallend gewesen. Diese Erhöhung ist zwar gewöhnlich nicht ansehnlich, und kann da, wo es sich um Befriedigung etwaiger practischer Bedürfnisse handelt, allenfalls aufser Acht gelassen werden, aber sie ist doch immer zu bedeutend, um nicht, namentlich schon ihrer Regelmäfsigkeit wegen, zu wissenschaftlicher Beachtung aufzufordern.

Schon Fechner im Grunde hat diesen Umstand bemerkt, seine Winke in dieser Beziehung sind aber theils in Vergessenheit gerathen, theils haben die früheren Arbeiten dieses ausgezeichneten Physikers an Werth verlieren müssen, der Verbesserungen wegen, welche nicht nur die Hydroketten, sondern auch die galvanischen Mefswerkzeuge und Mefsmethoden seitdem erfahren haben. Aber dennoch kann man nicht wohl behaupten, dafs die experimentelle Bestätigung des Ohm'schen Gesetzes für Hydroketten (mit Thermoketten sind ohnehin seit langer Zeit keine Messungen angestellt worden) mit diesen Verbesserungen gleichen Schritt gehalten hätte. Man findet immer Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung, welche nicht den Charakter der Zufälligkeit an sich tragen, und die gröfser sind als die wahrscheinlichen Fehler der Messung selbst. Vielleicht dafs die Ohm'sche Formel fähig ist die Vorgänge der geschlossenen Kette in sich aufzunehmen, welche die Schuld dieser Abweihung tragen; vielleicht aber, dafs diese Formel ihr Verhältnifs zur Wissenschaft bereits erledigt hat, so dafs sie auf die weitere Entwicklung nur hemmend wirkte. Der practische Nutzen derselben kann aber keineswegs in Abrede gestellt werden, ein Nutzen, den sie da, wo es darauf ankommt, ungefähr die zweckmäfsigsten Anordnungen zu treffen oder auffallende Phänomene ungefähr zu erklären, vielfach bewährt hat und noch bewährt. Die nachstehenden, in Tabelle II enthaltenen Versuche, die ich mit einer einfachen Daniell'schen Batterie schon vor längerer Zeit angestellt hatte, um deren Ohm'sche Elemente bei verschiedenen Stromesstärken zu bestimmen, machen nur Ansprüche darauf, das oben Gesagte zu bestätigen.

Tabelle II.

Die Daniell'sche Batterie besteht aus einem Kupfercylinder, 6" weit, 7" hoch, und einen Zinkcylinder, 4" weit, 6" hoch, beide getrennt durch einem porösen Thoncylinder. Ladung: saturirte Kupfervitriollösung, verdünnte Schwefelsäure, $\frac{1}{100}$ dem Volumen nach.

No. der Versuche.	Gesammter aufserwesentlicher Leitungswiderstand.	Ablenkung an der Tangentenbussole.	Elektromotorische Kraft.	Wesentlich. Leitungswiderstand der Kette.
1	3,659	35° 20'	3162	0,798
2	11,268	14 41		
3	3,659	35 14	3192	0,860
4	16,948	10 10		
5	3,659	35 10	3214	0,901
6	22,501	7 50		
7	3,659	35 9	3236	0,933
8	28,292	6 20		
9	3,659	35 6	3236	0,944
10	33,683	5 21		
11	3,659	35 1	3350	1,128
12	67,114	2 44		
13	3,659	35 1	3251	0,986
14	33,683	5 22		
15	3,659	35 1	3243	0,975
16	28,292	6 21		
17	3,659	35 1	3229	0,954
18	22,501	7 51		
19	3,659	35 1	3192	0,901
20	16,948	10 10		
21	3,659	35 1	3177	0,880
22	11,268	14 40		

47.

Die Beobachtungen sind in der Reihenfolge, wie sie in der Tabelle stehen, angestellt worden, und zwar so, dafs man immer wieder auf denselben Leitungswiderstand zurückging. Ferner ist die zweite Hälfte der Reihe von 12 bis 22 in umgekehrter Ordnung als die erste Hälfte von 1 bis 12 angestellt worden, woraus denn ersichtlich ist, dafs die gleichweit von 12 abstehenden Versuche sehr nahezu dieselben Resultate geliefert haben. Die regelmäfsige Erhöhung der elektromotorischen Kraft ist daher nicht wohl einer permanenten Veränderung der Kette zuzuschreiben,

sondern scheint gleich mit dem Schlusse derselben einzutreten, und von der Stärke des Stroms selbst abhängig zu seyn. Andere Fälle, die mir vorgekommen sind, wo mit verminderter Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit gewöhnlich ebenfalls eine Erhöhung der elektromotorischen Kraft eintrat, will ich hier weiter nicht anführen. Die Erhöhung der elektromotorischen Kraft wird noch sichtbarer, wenn man die dem geringsten Leitungswiderstande 3,659 entsprechenden Beobachtungen wegläfst, und die Berechnung so anstellt, wie es die Tabelle III zeigt.

Tabelle III.

No. der Versuche.	Gesammter aufserwesentlicher Leitungswiderstand.	Ablenkung an der Tangentenbussole.	Elektromotorische Kraft.	Wesentlich. Leitungswiderstand der Kette.
2	11,268	14° 41′	3214	1,00
4	16,948	10 10	3334	1,63
6	22,501	7 50	3273	1,02
8	28,292	6 20	3296	1,43
10	33,683	5 21	3420	2,88
12	67,114	2 49	3436	2,71
14	33,683	5 22	3319	1,64
16	28,292	6 21	3298	1,29
18	22,501	7 51	3342	1,77
20	16,948	10 10	3214	0,96
22	11,268	14 40		

Nehmen wir die aus beiden Tabellen hervorgehenden Extreme der elektromotorischen Kraft, so verhalten sich dieselben wie 3162 : 3436 = 100 : 108, welcher Unterschied allerdings höher ist, als sich der Theorie nach rechtfertigen läfst.

48.

Ich erlaube mir noch folgende Bemerkung hinzuzufügen. Die oben, Artikel 40, gemachte Vergleichung zwischen der Daniell'schen Batterie und meiner magneto-elektrischen Maschine scheint, in Bezug auf die Methode, allen Forderungen vollkommen zu entsprechen. Wären nämlich, wie ich es schon früher in meinem Aufsatze über das chemische und magnetische Galvanometer (*Bullet. sc. T. V, No.* 23, 24)

vorgeschlagen [1]), Weber's Multiplicator und der meinige auf elektrolytische Einheiten bezogen gewesen, hätten wir ferner unsere Leitungswiderstände ebenfalls nach einem bestimmten Maafse ausgedrückt, so würden auch unsere magnetoelektrische Maschinen (Poggend. Annal. Bd. 61) in allen verschiedenen Momenten ihrer Leistungen auf die leichteste Weise mit einander haben verglichen werden können. Man könnte, so scheint es mir, recht wohl auf bekannterem und zugänglicherem Boden bleiben, ohne dafs es nöthig wäre, den an sich veränderlichen, nach absolutem Maafse immer von Neuem zu bestimmenden Erdmagnetismus hineinzuziehen, um so mehr, da die Mittel zur Bestimmung dieses letzteren nicht Jedermann und jeder Localität zustehen. Die Beziehung eines Multiplicators dagegen, dessen Gesetz auf eine oder die andere Weise bekannt ist, die Beziehung eines solchen Multiplicators auf eine zweckmäfsig gewählte elektrolytische Thätigkeit, würde dagegen viel bequemer seyn, und bliebe ein- für allemal, wenn sie einmal gemacht wäre. Die Gröfse eines, in jedem Querschnitte einer geschlossenen Kette stattfindenden Stromes ist, wenn dieselbe auf eine elektrolytische Thätigkeit reducirt ist, ein so absolutes Maafs als irgend eins der sonst in der Physik gebräuchlichen Maafse, und hat zugleich den Vorzug häufiger practischer Beziehungen. Wenn die Physiker mit einander durch Barometer und Thermometer sprechen, so verstehen sie sich vollkommen, und es wäre in der That zu wünschen, dafs ein solches Verständnifs auch recht bald bei galvanischen Untersuchungen einträte.

1) Annalen, Bd. 48, S. 26.

IV. *Galvanische und elektro-magnetische Versuche; von M. H. Jacobi*[1]).

Dritte Reihe. Erste Abtheilung.

Ueber einige neue Volta'sche Combinationen.

49.

In der Sitzung vom 21. August 1844 habe ich der Klasse eine kurze Notiz über einige neue Volta'sche Combinationen gegeben, welche, aufser dem wissenschaftlichen, zugleich ein practisches Interesse darbieten, und welche Notiz ich mir jetzt zu vervollständigen erlaube.

Es ist bekannt, dafs die Metalle, je nach den Flüssigkeiten, in denen sie tauchen, ein verschiedenes elektromotorisches Verhalten zeigen, und dafs in dieser Beziehung auf dem Gebiete des Hydrogalvanismus keine absolute Reihefolge der Metalle aufgestellt werden kann. Eben so weifs man es schon seit längerer Zeit, dafs zwei in Bezug auf *eine* Flüssigkeit weit auseinanderstehende Metalle, in einer anderen Flüssigkeit, sogar ein umgekehrtes Verhalten zeigen, wobei man gewöhnlich als Beispiel Eisen oder Zink und Kupfer in Schwefelleberlösung anführt, wo die ersteren Metalle negativ gegen Kupfer auftreten, das hier stark positiv erscheint. Die chemische Theorie des Galvanismus hat, der Contacttheorie gegenüber, aus diesem sonderbaren Verhalten der Metalle in Flüssigkeiten ihre Hauptargumente geschöpft. Aber ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit geäufsert: man müsse die Sache so ansehen, als brächten verschiedene Flüssigkeiten an der Oberfläche der Metalle, welche bei den meisten Volta'schen Phänomenen eigentlich nur zur Sprache kommen, gewisse instantane Veränderungen hervor, für welche die gewöhn-

1) Uebersandt vom Hrn. Verfasser aus dem *Bullet. phys. math. d. St. Petersb. Acad. T. V*, *No.* 14.

lichen chemischen Reactionen zu stumpf, und die nur am Galvanometer wahrnehmbar wären. Platin, von alkalischen Flüssigkeiten umgeben, sey, Volta'sch betrachtet, ein ganz anderes Metall als Platin, das z. B. in concentrirte Salpetersäure tauche. Es verlohnte sich kaum der Mühe, die zahlreichen, bisweilen höchst sinnreichen, von Faraday und Daniell zur Unterstützung der chemischen Theorie angestellten Versuche einzeln durchzunehmen und — nicht zu *widerlegen*, sondern der Contacttheorie gemäfs *auszulegen*. Es ist kein einziger dieser Versuche, welcher einer solchen Auslegung widerstände. Aber es wäre hierdurch nichts gewonnen, der Streit keineswegs entschieden, da jeder auf seinem Boden das Recht für sich in Anspruch nehmen kann.

50.

Unter den Volta'schen Combinationen, welche in neuerer Zeit ein besonderes Interesse erregt haben, weil bei ihnen nur *ein* durch verschiedene Flüssigkeiten zu bedeutender elektromotorischer Differenz gesteigertes Metall zur Anwendung kommt, will ich hier nur die folgenden anführen:

+ *Platin, Aetzkalilösung*	*conc. Salpetersäure, Platin* —
+ *Gold, Salzsäure*	- - - *Gold* —
+ *Eisen, Schwefelsäure*	- - - *Eisen* —

Eine zweckmäfsige Benutzung dieser Eigenschaften der Metalle bietet nun die Mittel dar, theils zur Bildung neuer merkwürdiger Volta'scher Combinationen, theils zur Unterstützung gewisser elektro-chemischer Processe.

51.

Im Sommer 1844 hatte ich zu einem Zwecke, der weiter nicht hierher gehört, folgenden Versuch angesetzt: Ein poröser Thonbecher, gefüllt mit einer salpetersauren Silberauflösung, wurde in ein Gefäfs gestellt, das eine ebenfalls verdünnte, auf die bekannte Weise bereitete Auflösung von Kalium-Silbercyanür enthielt. In letztere tauchte eine Kupferplatte, in den Thonbecher aber eine Silberplatte. Von einer Daniell'schen Batterie wurde das Zink ei-

eines einzelnen Elements mit der Kupferplatte, das Kupfer aber mit der Silberplatte verbunden. Letztere war also als Anode, dagegen erstere als Kathode zu betrachten. Eine in den Kreis eingeschaltete Bussole, die aber nur mit einem einfachen Drahte, also nur mit einer halben Windung versehen war, zeigte bei dieser Verbindung mit einem einfachen Elemente nur eine Ablenkung von 1° bis 2°. Zwei Daniell'sche Elemente, nach dem Schema der Kette verbunden, gaben anfänglich 11°, die Wirkung sank aber bald bis auf 7° ½ herab. Bei der guten Leitungsfähigkeit der im Zersetzungsapparate befindlichen Flüssigkeiten war eine so geringe Stromesstärke in der That auffallend.

Nach einer etwa 20stündigen Wirkung betrug die Ablenkung nur noch 6°. Der Zersetzungsapparat, unter Hinweglassung der Batterie in sich geschlossen, gab eine Ablenkung von 10° in entgegengesetzter Richtung, wonach also das Silber in der Silbernitratauflösung sich negativ gegen die in der alkalischen Silberlösung befindliche silberbedeckte Kupferplatte verhielt. An dieser letzteren hatten sich während der oben genannten Zeit 137 Doli Silber reducirt; aufgelöst hatten sich von der Silberplatte 122 Doli. An der inneren Wandung des porösen Thonbechers aber hatten sich einzelne Silberkrystalle reducirt, welche, weil sie zum Theil in den Thonbecher eingewachsen waren, nicht gut gewogen werden konnten.

52.

Ein ähnlicher Versuch wie der vorstehende, wobei aber eine gröſsere Kupferkathode und ebenfalls eine gröſsere Silberanode genommen worden war, bot ähnliche Resultate dar. Mit zwei Daniell'schen Elementen erhielt man eine Ablenkung von 10°; nach einer dreitägigen Wirkung, wobei aber die Ablenkung beinahe bis auf Null herabgesunken war, konnte man mit vier frisch geladenen Elementen doch nur zu einer Ablenkung von 6° bis 7° gelangen. Das Innere des porösen Thonbechers war über und über mit Silberkrystallen bedeckt. Die obige geringe, ungeachtet einer so starken Batterie stattfindende Ablenkung lieſs auf

eine bedeutende Polarisation der Elektroden schliefsen. In der That gab der in sich geschlossene Zersetzungsapparat allein sogleich eine Ablenkung von 35° $\frac{1}{2}$ in entgegengesetzter Richtung, die nicht nur nicht schnell abnehmend war, wie es sonst bei den Polarisationen, z. B. der Platinplatten in Säuren, gewöhnlich der Fall ist, sondern die sogar allmälig zunehmend war, indem die Ablenkung nach etwa einer Stunde bis auf 38° gestiegen war. Mit dieser Polarisation trat zugleich eine starke Silberreduction an der in der Silbernitratauflösung befindlichen Silberplatte ein. Nach 4 bis 5 Stunden war indessen die Ablenkung bis auf 20° herabgesunken. Nachdem die Verbindung mit der 4plattigen Batterie wieder hergestellt worden war, erhielt man eine Ablenkung von 21° in der früheren Richtung, also im Sinne der Batterie; eine Ablenkung, die aber nach 24 Stunden bis auf 3° gefallen war. Die Polarisationsablenkung dagegen betrug 28° $\frac{1}{3}$.

53.

Um zu sehen, ob obige bedeutende Wirkung durch eine mit der Zeit eingetretene Veränderung der Elektroden, oder durch die eigenthümliche Wirkung der Flüssigkeiten entstanden war, wurden zwei neue sorgfältig gereinigte Silberplatten genommen, die aber geringere Dimensionen als die früheren Elektroden hatten. Man erhielt vermittelst derselben eine Ablenkung von 15°. An der im Silbernitrat befindlichen Elektrode fand eine Reduction statt, die in der alkalischen Silberlösung befindliche Platte aber löste sich auf. Wir hatten hier also eine sehr wirksame Volta'sche Combination erhalten, die sich folgendermafsen darstellt:

+ *Silber*, *Kalium-Silbercyanür* *Silbernitrat*, *Silber* —

Bei dieser Combination kommt also auch nur ein Metall, und zwar eins der sogenannten edeln Metalle, zur Anwendung, das sich in einer Flüssigkeit — der alkalischen — auflöst, in der andern aber metallisch reducirt.

Würde, statt des — Silber, Platin genommen, so steigerte sich die Ablenkung von 15° auf 20° $\frac{1}{2}$, und stieg,

ungeachtet sich die Platinplatte sogleich mit Silber dedeckte, bis auf 24°.

Verstärkt wird diese Kette, wenn man statt des Kalium-Silbercyanürs eine ziemlich concentrirte Cyankaliumlösung nimmt, jedoch vermindert sich die elektromotorische Kraft und mit ihr die Stärke des Stroms in dem Maafse, als die Flüssigkeit mehr Silber aufnimmt.

54.

Eine zweite sehr interessante Combination stellt sich so dar:

+ *Silber*, *Cyankalium* *Kupfervitriol*, *Kupfer* —.

Hierbei findet also eine Umkehrung der gewöhnlichen elektromotorischen Verhältnisse statt, nach denen Silber negativer als Kupfer ist. Zum Gelingen dieses Versuches, und damit derselbe practisches Interesse erhalte, sind indessen einige Vorsichtsmafsregeln erforderlich. Durch die Wirkung der Endosmose nämlich findet durch den porösen Thonbecher hindurch ein Vermischen des Kupfervitriols mit dem Cyankalium statt, wodurch, theils im Innern der Wände des Bechers, theils an seiner Oberfläche, die Bildung unauflöslicher Kupferverbindungen stattfindet, welche den Durchgang des Stroms hindern und eine schnelle Wirkungsabnahme desselben bewirken. Man umgebe daher den mit Kupfervitriol gefüllten Thonbecher, welcher eine Kupfer- oder eine Platinplatte enthält, mit einem zweiten porösen Thonbecher, der mit Kochsalzlösung oder mit einer gut leitenden Auflösung irgend eines andern Neutralsalzes gefüllt ist, welches weder in Kupfervitriol, noch in Cyankalium eine chemische Zersetzung bewirkt. Das Ganze stelle man dann in das Gefäfs, in welches sich die Cyankaliumauflösung und die aufzulösende Silberplatte befindet. Das Schema dieser Verbindung stellt sich nun so dar:

+ *Silber*, *Cyankalium* *Kochsalzlösung* *Kupfervitriol*, *Kupfer* —
I. II. III.

55.

Zur näheren Beschreibung der Wirkungsweise dieser Volta'schen Combination diene Folgendes. In I. befand

sich eine Auflösung von 24 Solotnik Cyankalium in 16 Unzen Wasser, in II. eine ziemlich concentrirte Kochsalzlösung, in III. eine völlig gesättigte Kupfervitriolauflösung, mit einem kleinen Behälter, worin sich Kupfervitriolkrystalle im Vorrathe befanden. Die Kupferplatte in III. wog 3 Sol. 14 Dol., die Silberplatte in I. 12 Sol. 66 Dol. Die anfängliche Ablenkung der in die Kette eingeschalteten, bereits früher erwähnten Bussole betrug 25° $\frac{1}{2}$. Nach ungefähr 8 Stunden ununterbrochener Wirkung war diese Ablenkung aber bis auf 19° herabgesunken. Durch Zusatz von etwas freier Schwefelsäure zum Kupfervitriol wurde aber die Ablenkung wieder bis auf 24° erhöht. Nach etwa 3 Stunden, so dafs die Kette also im Ganzen 11 Stunden gearbeitet hatte, betrug die Ablenkung nur noch 15° $\frac{1}{2}$. Während dieser Zeit hatten sich 177 Doli Kupfer reducirt und 627 Doli Silber aufgelöst. Nach der Rechnung entsprächen aber 627 Doli Silber 184 Doli Kupfer, was also, da nur ein Unterschied von 7 Doli stattfindet, mit dem Versuche sehr gut übereinstimmt. Das Kupfer besafs übrigens nicht die schöne rosenrothe Farbe der gewöhnlichen, aus Kupfersulphat oder Kupfernitrat bewirkten Reductionen, sondern war dunkel braunroth und brüchig wie das Kupfer, das man beinahe aus allen anderen Kupfersolutionen, mit Ausnahme der beiden oben genannten, erhält.

56.

Die beim obigen Versuche angewandte Cyankaliumlösung, die schon 6 Sol. 51 Dol. Silber aufgenommen hatte, wurde zu einem neuen Versuche benutzt, den man dahin abänderte, dafs, statt Kupfer und Kupfervitriol, Platin und concentrirte Salpetersäure genommen wurde. Das Schema dieser Combination ist also:

+ *Silber, Cyankalium   Kochsalz   conc. Salpetersäure, Platin* —

Zu bemerken ist hierbei, dafs bei Anwendung der concentrirten Salpetersäure, und bei Hinweglassung der Zwischenflüssigkeit, die oben erwähnten Wirkungen der Endosmose auch hier einen nachtheiligen Einflufs ausüben. Dieser nimmt zwar mit der Verdünnung der Salpetersäure ab, es tritt

aber hierdurch der Nachtheil ein, dafs sich mit dieser Verdünnung zugleich eine verminderte negative Polarisation des Platin, und mithin eine verminderte Stromstärke einstellt.

Statt der bei dem vorigen Versuche, §. 55, gebrauchten Silberanode, die sich noch nicht ganz aufgelöst hatte, wurde eine stark mit Silber bedeckte Platinplatte genommen, die 25 Solotnik 66 Doli wog. Die anfängliche Stromesstärke dieser Combination war äufserst bedeutend, denn die Ablenkung an der Bussole betrug nahe an 40°. Nach etwa 2 Stunden war dieselbe aber bis auf 28° gefallen. In dieser Zeit hatten sich 2 Sol. 66 Doli Silber aufgelöst. Am andern Morgen, also nach einer etwa 11stündigen Wirkung betrug die Ablenkung nur noch 2°. Die Silberanode hatte im Ganzen 4 Sol. 66 Doli verloren, und war über und über mit in heifsem Wasser leicht auflöslichen Krystallen des Doppelcyanür von Silber bedeckt, denen zum Theil auch obige bedeutende Wirkungsabnahme zuzuschreiben ist. Etwas Aehnliches findet bekanntlich auch bei den gewöhnlichen galvanoplastischen Processen statt. Ist die Kupfervitriollösung nicht hinlänglich verdünnt, so bedeckt sich gewöhnlich die Anode allein, aber nie die Kathode, mit Krystallen von Kupfervitriol, welche den Durchgang des Stroms hindern und so die Wirkung schwächen. Nachdem man durch Reinigen der Silberplatte und durch Umrühren der Flüssigkeit die Ablenkung wieder bis auf etwa 10° gebracht hatte, liefs man den Apparat noch etwa 24 Stunden geschlossen, nach welcher Zeit die Ablenkung bis auf Null herabgesunken war. Aufgelöst hatten sich im Ganzen 6 Sol. 40 Doli Silber. Rechnet man hierzu die im vorigen Versuche, §. 55, aufgelösten 6 Sol. 51 Doli, so hatten die in der Auflösung enthaltenen 24 Solotnik Cyankalium im Ganzen 12 Sol. 91 Doli, also mehr als die Hälfte ihres Gewichts an Silber aufgenommen, was ein für die Praxis nicht unwichtiges Resultat ist.

57.

Bei einem zweiten, nach dem vorhergehenden Schema angestellten Versuche, wobei ebenfalls Platin und Salpeter-

säure, aber, statt der silberhaltigen, gleich anfangs eine reine, in dem früher (§. 55) angegebenen Verhältnisse bereitete Cyankaliumauflösung genommen worden war, hatten sich in etwa 4 Stunden 9 Sol. 19 Doli Silber aufgelöst. Die Ablenkung der Bussole hatte anfänglich 43° ½ betragen, und war in der angegebenen Zeit auf 35° herabgesunken. Die Silberplatte hatte sich bei diesem, so wie bei den früheren Versuchen, mit einem schwärzlichen Pulver bedeckt, das hin und wieder mit einem Pinsel entfernt wurde, weil es der Gleichmäſsigkeit und Stärke des Stroms Eintrag that.

58.

Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daſs die obigen Volta'schen Combinationen, besonders die letztere, wenn man sie mit Umsicht und Kenntniſs der Dinge anwendet, mit Vortheil zur Bereitung von Silbersolutionen, auch im Groſsen, benutzen werden könne. Man würde durch Herrichtung eines solchen, nach dem obigen Schema zusammengesetzten Apparats, der in ununterbrochener Thätigkeit verbliebe, und der nur einer geringen Aufsicht bedürfte, manche Handarbeit und alle die lästigen chemischen Processe ersparen, welche sonst erforderlich sind. Das Wichtigste möchte aber seyn, daſs man mit einer solchen, auf rein galvanischem Wege bereiteten Silbersolution nicht nur eine viel schönere Versilberung erhält, sondern daſs das galvanoplastische Silber selbst, wenn es stark genug reducirt ist, um von der Kathode abgelöst zu werden, sich als von ganz vorzüglicher Beschaffenheit erweist, was wahrscheinlich durch den Umstand erklärt werden kann, daſs diese Silbersolution rein, und nicht, wie die auf gewöhnliche Weise bereiteten, durch Kalinitrat oder Kaliumchlorür verunreinigt ist. In der That bediene ich mich schon seit 1844 bei den Versuchen, die ich hin und wieder anstelle, nur solcher auf galvanischem Wege bereiteten Silberauflösungen, die mir in jeder Beziehung die befriedigendsten Resultate gegeben haben.

59.

Die obige Combination läſst sich mit Vortheil anwenden, um die Silbersolutionen, die man mit der positiven Elektrode, d. h. mit einer Silberanode, bearbeitet, in ei-

nem höheren Grade der Sättigung zu erhalten. Es ist nämlich bekannt, daſs sich bei der gewöhnlichen Behandlungsweise immer mehr Silber an der Kathode reducirt, als sich von der Anode auflöst, weshalb denn die Silbersolution bald erschöpft wird und wieder erneuert werden muſs. Ich setzte daher einen Apparat zusammen, wie er in der Fig. 13 Taf. II dargestellt ist. *ABCD* ist ein mit verdünnter Cyansilbersolution gefülltes Glasgefäſs, *efgh* und *iklm* sind poröse Thonbecher, von denen der erstere mit Kochsalzlösung, der andere mit Kupfervitriollösung oder Salpetersäure gefüllt ist. In ersterem Falle kann man zur Kathode *C'* eine Kupferplatte nehmen, im andern Falle aber ist es nöthig sich einer Platinplatte zu bedienen. *KZ* ist eine auf gewöhnliche Weise zusammengesetzte, aus einem oder zwei Elementen bestehende Daniell'sche Batterie. *S*, *S'* sind Silberplatten, *C* ist eine Kupferform, auf welche das Silber reducirt werden soll. In einem solchen Apparate lösten sich nicht nur die Silberanoden *S*, *S'* mit Leichtigkeit auf, sondern man erhielt auch an der Kathode *C*, die einige Male aus Platin, andere Male aus Kupfer bestand, in etwa 14 Stunden ungefähr 10 Solotnik Silber von solcher Schönheit und Geschmeidigkeit, daſs es in nichts dem gewalzten Silber nachstand. Leider konnten, zufälliger Umstände wegen, bei diesem Versuche keine weiteren Maaſsbestimmungen gemacht werden. Der obige Apparat kann sich vereinfachen, wenn man statt zweier Silberanoden nur eine nimmt. In diesem Falle verbindet man, wie die punktirte Linie zeigt, *C* unmittelbar mit *S*. Erwähnen will ich noch, daſs man bei diesem Schema, so wie bei dem früher erwähnten (§. 54), statt des Kupfervitriols in dem Thonbecher *iklm*, mit Vortheil auch eine Auflösung von salpetersaurem Kupfer anwenden kann. Die Stromesstärke scheint hierdurch etwas vermehrt zu werden.

60.

Um zu sehen, wie sich Silber in Cyankalium dem Zink gegenüber verhält, stellte ich einige Versuche an, die sich durch folgende Combinationen darstellen:

No. 1.

— *Silber, Cyankalium Kochsalzlösung Zinkvitriol, Zink* +

No. 2.

— *Silber, - - verd. Schwefelsäure, Zink* +

No. 3.

+ *Silber, - - verd. Salpetersäure, Zink* —

Die Stromesstärken sind sowohl bei No. 1 und 2, als auch bei No. 3 äufserst gering, indem die Ablenkungen nach einer oder der anderen Richtung nur 2° bis 3°, bei No. 1 aber nur etwa ½ betrugen. Durch Verstärkung der Salpetersäure, die anfänglich höchst verdünnt genommen war, verstärkte sich zwar die Negativität des Zinks, indessen findet zugleich eine rapide Auflösung desselben statt. Eine den obigen Schemas entsprechende Combination von Silber und Zink scheint daher gewissermafsen auf der Gränze zu stehen, indem schon geringe Schwankungen in der elektromotorischen Kraft, oder der Polarisation des einen oder des andern Metalls, die Stärke des Stroms zu annulliren oder die Richtung desselben umzukehren vermögen. Amalgamirtes Zink ist auch in diesen Combinationen etwas positiver als unamalgamirtes.

61.

Interessant ist noch folgende Combination:

+ *Kupfer, Cyankalium Kochsalzauflösung Kupfervitriol, Kupfer* —

Auch hier wird, wie beim Silber, dasselbe Metall auf der einen Seite aufgelöst, auf der anderen aber reducirt. Die Wirkung, bei Anwendung einer Auflösung von 12 Solotnik Cyankalium in 8 Unzen Wasser, war anfänglich höchst energisch, indem die Bussole eine Ablenkung von 27° zeigte, die nach etwa 20 Minuten noch bis auf 33° stieg. Von da ab verminderte sich aber die Stromesstärke so bedeutend, dafs sie nach etwa 18 Stunden bis auf Null herabgesunken war. Auf der Kathode hatten sich 100 Doli Kupfer reducirt; die Kupferanode dagegen war um 190 Doli, also beinahe um das Doppelte leichter geworden. Ein Theil dieses Kupfers war aber als bräunliches Oxydul theils zu Boden gefallen, theils bedeckte es die Anode schlammartig.

Dafs diese grofse Differenz der Oxydation auf der einen und der Reduction auf der anderen Seite der selbstständigen Auflösung des Kupfers in Cyankalium zum gröfsten Theile zuzuschreiben sey, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Man wird zwar bei diesem Versuche an die Abweichungen vom Faraday'schen Gesetze erinnert, welche Hr. James Napier gefunden haben will (*Archives de l'Electricité*, *No.* 17, *T. V*, *p.* 159)[1]), indessen kann man wohl der Ansicht De la Rive's über diesen Gegenstand beistimmen, dafs nämlich die elektro-chemische Auflösung des Metalls, aus dem die positive Elektrode besteht, zugleich die Oberflähhe dieses Metalls gewissermafsen zu einer leichteren Auflöslichkeit im Cyankalium disponire. Es ist in der That nicht unmöglich, dafs in dieser Beziehung der galvanische Strom eben so wirkt, wie die Wärme, und wie diese das Aufschliefsen des Metalls befördert.

Eine noch kräftigere Combination erhält man, wenn man Platin in concentrirter Salpetersäure als negatives Element anwendet. Eine solche Combination eignet sich vortrefflich zur Bereitung einer Kupfer-Kaliumcyanürauflösung, die bei dem galvanoplastischen Ueberziehen von Eisen, Stahl oder Zink mit einer Kupferschicht ganz vorzügliche Dienste leistet.

Bei allen diesen Combinationen ist sehr zu empfehlen, immer eine Bussole einzuschalten, indem man dadurch am besten den Gang der ganzen Operation verfolgen kann. Nimmt man z. B. in den späteren Stadien der Wirksamkeit eine Wirkungsabnahme wahr, so kann man entweder durch Umrühren der Flüssigkeit, oder durch Reinigen der Anode, oder durch Zusatz von Cyankalium, oder endlich durch Hinzufügung einer oder zweier Daniell'scher Elemente die ursprüngliche Stromesstärke wieder herstellen, und sich so immer eine gleichförmige Wirkung erhalten. Es ist nämlich zu bemerken, was ich auch schon früher erwähnt habe, dafs die positive Reaction des Cyankaliums auf die Metalle in dem Maafse abnimmt, als sich die Auflösung mehr und mehr mit dem Metalle sättigt. Von überaus grofsem

1) Annalen, Bd. 65, S. 480.

Nutzen indessen ist es, wenn die Grade der eingeschalteten Bussole zugleich auf eine feste elektrolytische Action bezogen sind. Nicht nur würde man alsdann den Strom als ein bestimmtes, nach einer conventionellen Einheit gemessenes Quantum aussprechen, sondern auch jede Abweichung von dem Faraday'schen Gesetze würde alsdann am leichtesten wahrgenommen, ihrer Ursache nachgespürt, die Entwicklung der Elektrochemie auf diese Weise gefördert, und dieser jungen Wissenschaft eine breite und sichere Basis verschafft werden können. Eine für practische Zwecke brauchbare Bussole zu construiren, ist ein Desideratum, dessen Erreichung schon manche Mühe und Arbeit gewidmet worden ist.

63.

Bei Anwendung einer Goldanode statt der Silberanode in Cyankalium erhält man, besonders wenn man Platin in Salpetersäure als negatives Element anwendet, ebenfalls eine kräftige Combination, deren Schema sich also darstellt:

+ *Gold, Cyankalium Kochsalzauflösung Salpetersäure, Platin* —

Die Wirkungsabnahme dieser Combination ist indessen sehr bedeutend. Bei einem Versuche, den ich anstellte, sank die Ablenkung schon nach einigen Minuten von 35° auf 11°. Nach Hinzufügung eines Daniell'schen Bechers stieg die Ablenkung wieder bis auf 35°, und nahm sehr allmälig ab, so dafs dieselbe nach etwa 7 Stunden noch 25° betrug. In dieser Zeit hatten sich bei Anwendung einer Auflösung von 24 Solotn. Cyankalium in 16 Unzen Wasser 5 Solotn. 29 Doli Gold aufgelöst. Bei einer 12 Stunden lang fortgesetzten Wirkung nahm diese Flüssigkeit zuletzt nur noch 1 Sol. 8 Doli Gold mehr auf. Die Auflösung des Goldes hörte aber von da ab gänzlich auf, obgleich die Kette über 30 Stunden lang geschlossen geblieben, und die Ablenkung der Nadel von 26° allmälig, aber doch nur bis auf 10° gesunken war. Gleich anfangs hatte sich die Cyankaliumlösung tief dunkelbraun, bis zur völligen Undurchsichtigkeit gefärbt, und es war, besonders in den späteren Stadien der Wirkung, ein schwarzes, nach

dem Trocknen dunkelbraun erscheinendes Pulver in reichlicher Menge theils zu Boden gefallen, theils an der Oberfläche der Anode sitzen geblieben. Da dieses Pulver sich vollkommen in concentrirter Schwefelsäure auflöste, durch Zusatz von Wasser sich aber wieder ausschied, so mufs dasselbe unzweifelhaft als *Paracyàn* angesprochen werden. *Die Bildung dieses merkwürdigen Körpers auf elektro-chemischem Wege scheint übrigens den Chemikern bis jetzt nicht bekannt gewesen zu seyn.*

Erwähnen will ich übrigens noch, dafs die auf obige Weise zubereitete Goldauflösung zur galvanischen Vergoldung nicht zu gebrauchen ist, indem die damit angestellten Versuche nur sehr unbefriedigende Resultate geben.

64.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs auf dem angedeuteten Wege noch zahlreiche andere Combinationen auch aus den anderen Metallen gebildet werden können, die ich gegenwärtig nicht weiter zur Untersuchung gezogen habe. Der Erfolg solcher Combinationen läfst sich übrigens, was ihr elektromotorisches Verhalten betrifft, in vielen Fällen voraussehen. Einerseits kann man die Reihe zu Hülfe nehmen, nach welcher Hr. Poggendorff (Ann. Bd. 66, S. 598) die Metalle in Cyankalium angeordnet hat, andererseits aber die Erfahrung, dafs Zink in Säuren oder verdünnten Neutralsalzen ziemlich gleich ist dem Silber in Cyankalium. Auf diese Weise ist, der besseren Uebersicht wegen, die folgende Tabelle gebildet worden, bei welcher sich die in den Feldern befindlichen Zeichen auf die Metalle in Cyankalium beziehen. Bei den unausgefüllten Feldern würde das elektromotorische Verhalten noch durch besondere Versuche zu ermitteln seyn. Wenn man statt der Salpetersäure schwächere Säuren oder verdünnte Auflösungen von Neutralsalzen anwendet, so werden allerdings einige Modificationen eintreten, indessen werden dieselben, besonders bei den gebräuchlicheren, auf den Extremen stehenden Metallen, sich häufiger auf die Gröfse der elektromotorischen Kräfte, als auf ihre Richtung beziehen. Im Uebrigen be-

darf der Gebrauch dieser Tabelle wohl weiter keiner Erläuterung.

Cyankalium.

Salpetersäure.

	Zn.	Cu.	Cd.	Sn.	Ag.	Ni.	Sb.	Pl.	Hg.	Pd.	Bi.	Fe.	Pt.	Fe+C [1])	C.
Zn	+	+	+	+	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Cu	+	+	+	+	+										
Cd	+	+	+	+	+										
Sn	+	+	+	+	+										
Ag	+	+	+	+	+										
Ni	+	+	+	+	+	+									
Sb	+	+	+	+	+	+	+								
Pl	+	+	+	+	+	+	+	+							
Hg	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Pd	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
Bi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Fe	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pt	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fe+C [1])	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Anmerkung. Die Zeichen beziehen sich auf die im Cyankalium befindlichen Metalle.

Es hätte keine grofsen Schwierigkeiten, bei der obigen Tabelle die Felder, statt mit Zeichen, zugleich mit Zahlen auszufüllen, welche die Gröfse der elektromotorischen Kräfte ausdrückten, indessen wären solche Zahlen, mit wenigen Ausnahmen, von keinem bedeutenden wissenschaftlichen oder practischen Interesse. Die elektromotorischen Kräfte nämlich werden gerade bei diesen Combinationen durch die secundären chemischen Producte, deren Bildung durch den galvanischen Strom eingeleitet wird, so bedeutend modificirt, dafs solche Zahlen nur für die ersten Wirkungsmomente der geschlossenen Kette allenfalls einigen Werth hätten. In Bezug auf diese Nebenproducte und den Einflufs, den sie ausüben, fehlt es überhaupt noch sehr an Vorarbeiten.

1) Durch Fe+C ist Gufseisen bezeichnet.

65.

Anhang.

Aus meinem Beobachtungsjournale vom August 1842 entnehme ich noch folgenden vereinzelten Versuch, den ich damals öfters wiederholte, so dafs von keinem Irrthume die Rede seyn kann. Er mag hier eine passende Stelle finden, weil er ein merkwürdiges Beispiel von Polarisation abgiebt.

Dieser Versuch bestand darin, dafs aus einer verdünnten Goldchloridauflösung das Gold zwischen schmalen Platinelektroden, unter Mitwirkung eines schwach geladenen Daniell'schen Paares, langsam reducirt werden sollte. Mit Hülfe einer, in den Kreis eingeschalteten sehr empfindlichen Bussole, deren Multiplicator aus einer ansehnlichen Anzahl Windungen dicken Drahts bestand, wurde der Gang der Operation beobachtet und controlirt. Die anfängliche Ablenkung war 48°, und nahm äufserst langsam ab, so dafs sie nach 24 Stunden noch 45° betrug. In dieser Zeit hatten sich beiläufig 40 Doli Gold von fester Beschaffenheit und schöner hellgelber, matter Farbe auf der Kathode niedergeschlagen. Nachdem letztere gewogen worden war, wurde dieselbe wieder in die Flüssigkeit gehängt, und, bei Weglassung der Daniell'schen Batterie, die Verbindung der Elektroden allein mit dem Multiplicator bewerkstelligt. Die mit Gold bedeckte Platinplatte zeigte sich der reinen Platinplatte gegenüber stark positiv, so dafs man eine Ablenkung in einer der früheren entgegengesetzten Richtung von 36° erhielt, eine Ablenkung, die ziemlich constant war, und die nach 10 Stunden noch 21° betrug. Wir hatten hier also eine kräftige Combination, deren ostensible Wirkung sich indessen nur auf die Ablenkung der Nadel beschränkte, denn nach dieser ganzen 10stündigen Wirkung war an der Platinplatte keine Spur von reducirtem Golde sichtbar, und eben so wenig hatte die mit Gold bedeckte Platinplatte das Mindeste an Gewicht verloren. *Es hat hier also ein starker Strom bestanden, ohne eine Zersetzung des Goldchlorids zu bewirken.* Als man die Verbindung mit dem Da-

niell'schen Paare in der Weise herstellte, dafs die goldbedeckte Platinplatte als Anode diente, stieg die Ablenkung bis auf 55°, und es fand sogleich eine Reduction an der Kathode und eine Auflösung an der Anode statt. Nachdem durch Umkehren des Stroms das Gold wieder von der Kathode abgelöst worden war, stellte man, mit Beibehaltung der Daniell'schen Batterie, die frühere Richtung wieder her, schwächte aber durch eingeschaltete Leitungswiderstände den Strom so weit, dafs er nur noch 16° am Multiplicator zeigte. Aber augenblicklich bedeckte sich, ungeachtet dieses schwachen Stroms, die Kathode mit einem Goldüberzuge. Dieser Versuch wurde deshalb angestellt, um der Erklärung dieses Phänomens zu begegnen, als sey ein Strom von 31° an meinem Multiplicator zu schwach, um überhaupt eine Zersetzung des Goldchlorids zu bewirken. Die richtigere Erklärung aber möchte wohl seyn, dafs dieser starke Polarisationsstrom entstand, einerseits durch das an der Goldplatte adhärirende Wasserstoffgas, andererseits durch das an der Platinplatte haftende Chlorgas. Werden die Elektroden in sich geschlossen, so entwickelt sich an der positiven Goldplatte Chlor, das sich mit dem Wasserstoff, und an der negativen Platinplatte Wasserstoff, der sich mit dem Chlor verbindet. Es ist hier eine Analogie von dem vorhanden, was bei dem Polarisationsstrome von Platinelektroden vor sich geht, die zur Zersetzung von durch Schwefelsäure angesäuertem Wasser gedient haben. Nur ist es zu verwundern, dafs in unserem Falle der Strom so stark und so andauernd war. Ein gewöhnliches gewalztes Goldblech zeigte in derselben Goldchloridlösung, einer reinen Platinplatte gegenüber, nur eine Ablenkung von 1° ½ in dem Sinne von + Gold — Platin.

V. *Untersuchung über die Vertheilung und Bindung der Elektricität;* *von P. S. Munck af Rosenschöld.*

(Schluſs von Seite 71.)

Aus dem hier Angeführten erhellt, daſs die in den Lehrbüchern vorgetragene Theorie der elektrischen Bindung der Wahrheit annähernd genügt, obgleich sie nicht als vollkommen genau gelten kann. Die Ursache liegt darin, daſs die vertheilende Wirkung einer der Scheiben nicht vollkommen constant bleibt, wenn der elektrische Zustand der anderen eine Veränderung erleidet, ein Umstand, der doch vorausgesetzt wird. Man hat jedoch nicht zu befürchten, daſs die Glieder der obigen Reihen immer mehr von der Wahrheit abweichen, je weiter die Reihen fortgesetzt werden. Denn gesetzt, daſs die wahre Elektricitätsmenge, welche A nach der ersten Berührung von B in dieser bindet, sey $-mE$, und $m(m+w)E$ der genaue Werth der Elektricitätsmenge, welche B in A zurück bindet, so wird $(1-m(m+w))E$ genau die freie Elektricität in A. Wird jetzt A ableitend berührt, so steht A nothwendig in derselben Beziehung zu B, wie B vorher zu A. Also ist m^2E genau die gebundene Elektricitätsmenge in A, und $(1-m^2)E$ genau die abgeleitete freie. Wenn man also nur die Elektricitätsmengen berücksichtigt, welche jede Scheibe bei der ableitenden Berührung verliert oder noch zurück hat, so ist obige Theorie vollkommen genau, selbst wenn die Dicke der Scheiben bedeutend ist. Nur wird der Vertheilungscoëfficient m bei zunehmender Dicke der Scheiben etwas verändert.

In dem Folgenden nehme ich an, daſs der vertheilend auf einander wirkenden Scheiben *drei* sind, ein Fall, der weit complicirter ist, als der vorhergehende.

Wenn der Scheiben nur zwei, A und B, sind, so kommen nur zwei vertheilende Wirkungen in Betracht, nämlich die Wirkung von A auf B, und die Wirkung von B

auf A. Sind dagegen der Scheiben drei, die ich A, B, C nenne, so sind jene Wirkungen sechs an der Zahl. A wirkt nämlich auf B und B auf A, A wirkt auf C und C auf A, endlich wirkt B auf C und C auf B. Eine jede der Scheiben, z. B. A, ist also den vertheilenden Wirkungen der beiden übrigen Scheiben B und C auf einmal ausgesetzt. In diesem Falle ist die gebundene Elektricität der Scheibe A, mag sich diese zwischen B und C oder nicht befinden, dem S. 54 angeführten allgemeinen Beweise zufolge, und mit Berücksichtigung des S. 70 Erwähnten, die Summe (algebraische) der Elektricitätsmengen, die B und C, jede für sich, in A binden. Nennt man also E, E', E'' die Elektricitätsmengen in A, B und C, und m, m', m'' die Vertheilungscoëfficienten, die den Abständen zwischen A und B, B und C, und A und C entsprechen, so werden $-(mE'+m''E'')$, $-(mE+m'E'')$ und $-(m'E'+m''E)$, die gebundenen Elektricitätsmengen in A, B und C. Die freie Elektricität jeder Scheibe ist gleich dem Unterschiede ihrer absoluten Elektricitätsmenge und der gebundenen, jede mit dem ihr eigenen Vorzeichen genommen. In C z. B. ist die freie Elektricitätsmenge $E''+m'E'+m''E$, und diese wird also gröfser als E'', wenn E und E' mit E'' gleichartig sind. Wird eine der Scheiben ableitend berührt, so verschwindet fast nur ihre freie Elektricität, denn aus dem Vorigen erhellt, dafs die vertheilenden Wirkungen der übrigen Scheiben durch diese Veränderung des elektrischen Zustands jener nur wenig verändert werden.

Es ist offenbar, dafs zwischen den Vertheilungscoëfficienten m, m', m'' eine solche Beziehung stattfinden mufs, dafs wenn zwei gegeben sind, auch der dritte bestimmt ist. Also mufs m'' z. B. eine gewisse Function von m und m' seyn. Man ersieht auch, dafs eine gewisse Relation zwischen den Entfernungen und Vertheilungscoëfficienten stattfinden mufs. Welche ist aber diese Relation, und welche ist die Form der erwähnten Function? Es soll hier versucht werden, über diesen Gegenstand einiges Licht zu verbreiten.

Oben,

Oben, S. 63, ist bemerkt worden, dafs die elektrische Wirkung in elektrischen Schatten eines vertheilten Leiters fast einerlei ist mit der Wirkung derjenigen Elektricität des Leiters, die von dem vertheilenden Körper nicht gebunden wird, oder mit Rücksicht auf diesen frei ist. Ich nehme hier an, dafs B zwischen A und C gestellt ist. Durch die vertheilende Wirkung von A wird in B gebunden $-mE$ und $+mE$ wird frei. Also ist $E'+mE$ die Elektricitätsmenge, deren Wirkung auf C den vereinigten Wirkungen der Elektricitäten in A und B auf C als gleich betrachtet werden kann, nachdem C genau im elektrischen Schatten von B ist. Jene Elektricität bindet aber $-m'E'-mm'E$ in C. Oben ist gezeigt worden, dafs A und B zusammen $-m'E'-m''E$ in C binden. Vergleicht man beide Ausdrücke, so sind schon die beiden ersten Glieder einerlei, und folglich sind auch die zweiten gleich, oder man hat $m''E = mm'E$, woraus $m'' = mm'$. Diesem zufolge ist also der Vertheilungscoëfficient der Entfernung zwischen A und C gleich dem Producte der Vertheilungscoëfficienten der Entfernungen zwischen A und B, und B und C. Die Entfernung zwischen A und C ist aber gleich der Summe der Entfernungen zwischen A und B, und B und C. Wenn es also erlaubt ist den kleinen Unterschied zwischen m'' und mm' zu übersehen, so ist die Relation zwischen den Entfernungen und Vertheilungscoëfficienten von der Art, dafs das Product dieser der Summe jener entspricht, oder anders ausgedrückt, die Entfernungen sind Logarithmen der Vertheilungscoëfficienten. Dasselbe soll noch überzeugender auf folgende, etwas abweichende Weise gezeigt werden.

Ich nehme an, dafs B mit der Erde in Verbindung stehe, während C isolirt, und nicht elektrisirt diesem bis auf eine gewisse Entfernung genähert wird, und nenne, wie zuvor, E die Elektricitätsmenge in A. Durch die vertheilende Wirkung von A auf B und C wird $-mE$ in B und $-m''E$ in C gebunden. Die Elektricitätsmenge $-mE$ in B bindet $+mm'E$ in C, und also ist $-m''E+mm'E$ die in C gebundene Menge. Weil aber B mit der Erde in Ver-

bindung gesetzt worden, und C in dem elektrischen Schatten von B ist, so wird, der Erfahrung nach, die vertheilende Wirkung auf C sehr klein seyn. Betrachtet man also die in C gebundene Elektricität als Null, wird $-m''E + mm'E = 0$, oder $m'' = mm'$, wie oben.

Aus dem eben Erwähnten erhellt also, dafs für die Fälle, in welchen die Scheibe C in den elektrischen Schatten der nicht isolirten Scheibe B gestellt, als nicht durch Vertheilung elektrisirt betrachtet werden kann, oder genauer, wenn $m'' - mm'$ gegen m, m' und m'' verschwindet, so ist die Relation zwischen den Entfernungen und den Vertheilungscoëfficienten eine logarithmische. Wird also innerhalb der Gränzen der Entfernungen, für welche diefs stattfindet, die Entfernung zweier Scheiben verdoppelt, verdreifacht u. s. w., so wird der entsprechende Vertheilungscoëfficient ziemlich zur zweiten, dritten u. s. w. Potenz erhoben. Weil die Vertheilungscoëfficienten immer kleiner als die Einheit sind, so werden ihre Logarithmen immer negativ; man findet aber leicht, dafs es gleichgültig ist, ob man die Entfernungen selbst als negativ, oder nur den negativen Logarithmen proportional ansieht. Der wirkliche Vertheilungscoëfficient einer gegebenen Entfernung kann nur durch Versuche gefunden werden. Nur in zwei Fällen ist dieser im Voraus bekannt, nämlich für die unendlich kleine und unendlich grofse Entfernung. Es ist nämlich klar, dafs die gebundene Elektricität mit der bindenden gleich grofs ist, wenn die Entfernung gleich Null ist, dagegen in Vergleich mit dieser unendlich klein, wenn sie unendlich grofs ist, und daher entspricht jenem Falle der Vertheilungscoëfficient 1, und dem zweiten Null. Diefs stimmt vollkommen mit der Annahme einer logarithmischen Relation überein; denn der Logarithmus der Einheit ist Null, und der Logarithmus der Null ist das Unendliche. Hierbei ist jedoch zu erinnern, dafs der zweite Fall auch den umgekehrten quadratischen und vielen anderen Relationen zwischen Entfernungen und Vertheilungscoëfficienten entspricht. Der Vertheilungscoëfficient beruht übrigens nicht nur auf dem Abstande, sondern auch

auf der Gröfse der Scheiben, und wird bei zunehmendem Durchmesser, wie unten gezeigt werden soll, gröfser. Dagegen influirt die Dicke, wenn sie nur gering ist, sehr wenig.

Obgleich die bekannten Werthe der Vertheilungscoëfficienten der beiden Extreme der Entfernungen, der Null und des Unendlichen, der Annahme einer logarithmischen Relation zwischen Vertheilungscoëfficienten und Entfernungen Genüge leisten, so sieht man doch leicht ein, dafs diefs nicht einmal annäherungsweise für jeden Fall gelten könne. Denn gesetzt die Entfernung der beiden Scheiben sey so getroffen, dafs die Menge der gebundenen Elektricität gerade die Hälfte der bindenden sey, so ist der Vertheilungscoëfficient, bei dieser Entfernung, die ich a nennen will, $\frac{1}{2}$. Wenn obige Relation für alle Entfernungen geltend wäre, so würden bei doppelter, dreifacher u. s. w. Entfernung die entsprechenden Vertheilungscoëfficienten $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ u. s. w. seyn, oder für jede neue Vervielfältigung der Entfernung a, der Vertheilungscoëfficient auf die Hälfte des vorigen Werthes reducirt werden. Gesetzt aber, dafs die Entfernung bis auf na vervielfältigt sey, wo n eine so grofse Zahl bedeutet, dafs a gegen na sehr klein ist. Wird jetzt die Entfernung noch mit einem a vermehrt, oder auf $(n+1)a$ gebracht, so würde der Vertheilungscoëfficient bei dieser Entfernung, obiger Relation zufolge, nur die Hälfte des vorigen seyn, oder es würde eine nur halb so grofse Menge von Elektricität bei der Entfernung $(n+1)a$, als bei na gebunden, welches ungereimt ist, da $(n+1)a$ und na als gleich grofse Entfernungen gelten können, und also fast die gleichen Mengen in beiden Fällen gebunden werden müssen.

Durch die vorige Betrachtung erhellt also, dafs wenn die Entfernungen zweier Scheiben in einer arithmetischen Progression mit gleichen Zunahmen fortgehen, die entsprechenden Vertheilungscoëfficienten keine genaue geometrische Reihe bilden, sondern eine solche, deren Exponent von Glied zu Glied immer gröfser wird, und sich der Einheit nach und nach nähert. Hieraus folgt, dafs der wahre

Vertheilungscoëfficient, bei einer gegebenen Vervielfältigung der Entfernung, gröfser ist als das der Ordnung nach entsprechende Glied der rein geometrischen Reihe, welches Glied mit der Entfernung genau in logarithmischer Relation steht. Diefs stimmt auch mit der Erfahrung überein; denn nachdem B ableitend berührt worden, wird immer die vertheilende Wirkung von A auf C die Wirkung von B auf C überwiegen, und man hat daher immer $m'' > mm'$. Man stelle sich hier vor, dafs na und $n'a$ die Entfernungen seyen zwischen den Scheiben A und B, B und C, wo n und n' ganze Zahlen bedeuten. Nimmt man $m'' = mm_{,}$ an, so wird $m_{,} > m'$. Aber $m_{,}$ ist das Verhältnifs des Gliedes der Reihe der Vertheilungscoëfficienten, dessen Ordnungszahl $n+n'+1$ ist, zu dem Gliede, dessen Ordnungszahl durch $n+1$ ausgedrückt wird, m' aber drückt das Verhältnifs des Gliedes, der Ordnung nach $n'+1$, zu dem ersten Gliede (der Einheit) aus, und daher nimmt das Verhältnifs zweier Glieder der Reihe (des nachfolgenden zu dem vorhergehenden), die gleich weit von einander (hier n' Glieder) abstehen, desto mehr zu, je höher ihre Ordnungszahlen werden; woraus also folgt, dafs der Exponent der Reihe immer gröfser wird, je weiter man diese fortsetzt.

Nachdem also Erfahrung auf der einen Seite, und Nachdenken auf der andern, darin übereinkommen, dafs mm' in der That mehr oder minder von m'' abweicht, soll hier untersucht werden, innerhalb welchen Gränzen der Entfernungen die Annahme der Gleichheit beider Gröfsen der Wahrheit nahe genug komme, um, ohne grofsen Fehler, der Erklärung der Vertheilungs-Erscheinungen, von welchen hier die Rede ist, zu Grunde gelegt werden zu können.

Wie oben erinnert worden, wäre für jeden Fall $m'' = mm'$, und die Entfernungen wären genau die Logarithmen der Vertheilungscoëfficienten, wenn, wie von Einigen behauptet worden, die elektrische Wirkung im elektrischen Schatten eines ableitend berührten Leiters vollkommen Null wäre. Diefs ist aber, wie die Erfahrung zeigt, nicht der Fall, und kann nicht der Fall seyn. Es wird also gefragt,

wie man aus den für einige besondere Fälle beobachteten Mengen der in der Scheibe C gebundenen Elektricität, nachdem B ableitend berührt worden, allgemein über den ganzen Gegenstand schliefsen könne. Das Folgende enthält die Betrachtungen, die ich über die Sache angestellt habe.

Man bezeichne durch E, wie vorher, die Menge von Elektricität in A, und durch e die gebundene Menge in C, nachdem B ableitend berührt worden, so hat man $e = -(m'' - mm')E$, oder wenn $e = -\mu E$ und $m'' = mm_{,}$, so ist $\mu = m(m_{,} - m')$. Nimmt man in dieser Formel m als constant an, und läfst $m_{,}$ und m' variiren, so tritt der Fall ein, wo man, bei unverrückter Stellung von A und B, die Scheibe C auf und nieder bewegt. Je mehr C der B genähert wird, desto mehr nähern sich auch, wie leicht zu ersehen ist, $m_{,}$ und m' der Einheit, und μ wird immer kleiner und zuletzt unmerklich. Wird aber C von B bedeutend entfernt, verschwinden $m_{,}$ und m' allmälig, und μ nähert sich wieder der Null. Es erhellt also, dafs, bei einer gewissen Entfernung der Scheibe C von B, ein Maximum der Wirkung eintreten mufs, welches auch mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt. Wie auch die Entfernung zwischen A und B sey, so habe ich doch immer die in C gebundene Elektricität in der Nähe von B unmerklich gefunden. Wurde C allmälig von B entfernt, nahm die Wirkung bis zu einer gewissen Gröfse langsam zu, wurde dann nach und nach kleiner, und zuletzt wieder unmerklich [1]). Diefs ist natürlich, weil bei grofsen Entfernungen die Wirkungen von A und B jede für sich verschwinden. Damit aber dieser Versuch gelinge, ist nothwendig, dafs B und C nicht auf einmal berührt werden, denn geschieht diefs, geht, wie vorher bemerkt worden, bei kleinen Entfernungen, der gröfste Theil von der auf der Rückseite von B gebunde-

1) Wenn dieser Versuch aus freier Hand gemacht wird, ist es schwer die bewegte Scheibe genau in dem elektrischen Schatten zu halten; ich habe mich aber überzeugt, dafs eine geringe Abweichung von der, S. 63, angegebenen Lage das Resultat überhaupt kaum merklich ändert.

nen Elektricität in C über, und die Wirkung wird gerade bei gröfster Nähe die stärkste seyn. Der ableitende Draht mufs daher zuerst B und nachher C berühren; weil es aber zu befürchten ist, dafs die Elektricität in A während der Zeit abnehme, werden beide Berührungen schnell nach einander vorgenommen. Die hier über die Ursache der Verschiedenheit bei beiden Arten von Berührungen geäufserte Ansicht ist nur eine Betrachtungsweise. Der wahre Grund dieser Erscheinung ist die Rückwirkung von C auf B, und soll in dem Folgenden näher erklärt werden.

Ich nehme zweitens an, dafs, bei unveränderter Stellung von B und C, nur A hin und her bewegt werde. Für diesen Fall mufs man, in der Formel $\mu = m(m_{,} - m')$, m' constant, m und $m_{,}$ aber veränderlich annehmen. Wird A der B immer näher gebracht, so nähert sich m der Einheit, $m_{,}$ aber dem m', und folglich $m(m_{,} - m')$ der Null. Also wird die vertheilende Wirkung auf C bei grofser Nähe der Scheiben A und B unmerklich. Diefs ist an sich klar, denn die entgegengesetzten Elektricitäten in A und B sind in diesem Falle an Menge beinahe gleich, und wirken in fast gleicher Entfernung auf C. Stellt man dagegen A in grofse Entfernung von B und C, so wird m sehr klein, und der Ausdruck $m(m_{,} - m')$ wird abermals von Null nur wenig abweichen. Die Wirkung auf C verschwindet also, wie leicht zu ersehen ist. Auch für diesen Fall tritt daher ein Maximum ein bei einer gewissen Entfernung zwischen A und B.

Ein dritter Fall verdient noch mehr als die beiden vorhergehenden eine nähere Erwägung. Dieser Fall ist derjenige, wobei die Entfernung zwischen A und C dieselbe bleibt, während B zwischen beiden bewegt wird. Betrachtet man hier die Formel $\mu = m'' - mm'$, so hat man m'' constant, m und m' veränderlich. Wird B der A immer näher gebracht, so nähert sich m der Einheit, m' aber dem m'', woraus erhellt, dafs μ immer kleiner wird und zuletzt verschwindet. Diefs ist auch der Fall, wenn B der C genähert wird, denn dann nähert sich m' der Einheit und m dem m''. Weil also die Wirkung auf C in beiden Fällen

verschwindet, wird offenbar ein Maximum bei einer gewissen Stellung von B zwischen A und C stattfinden. Um die Entfernung von A zu bestimmen, für welche die Wirkung auf C, d. h. e ein Maximum wird, nehme ich an, dafs die Entfernung von A nach C in die gerade Anzahl $2n$ gleicher Theile a getheilt sey. Es seyen $p_1, p_2, p_3, \ldots . p_{2n}$ die immer zunehmenden Exponenten der Reihe der Vertheilungscoëfficienten, die den Entfernungen von a bis auf $2na$ entsprechen. Weil m'' der Vertheilungscoëfficient des Abstandes $2na$ ist, wird also $m''=p_1 p_2 p_3 \ldots . p_{2n}$. Ich nehme an, dafs B in die Mitte zwischen A und C, also in die Entfernung na von beiden gestellt sey. Für diese Entfernung wird $m=m'=p_1 p_2 p_3 \ldots . p_n$, und folglich $mm' =m^2=p_1^2 p_2^2 p_3^2 \ldots . p_n^2$. Jetzt nehme ich an, dafs B um ein a weiter gegen C fortgerückt werde, und also in der Entfernung $(n+1)a$ von A abstehe. Für diesen Fall wird $m=p_1 p_2 p_3 \ldots . p_{n+1}$ und $m'=p_1 p_2 p_3 \ldots . p_{n-1}$ und folglich $mm'=p_1^2 p_2^2 p_3^2 \ldots . p_{n-1}^2 p_n p_{n+1}$. Vergleicht, man diesen Werth von mm' mit dem vorigen, so ergiebt sich, dafs beide Werthe den gemeinschaftlichen Factor $p_1^2 p_2^2 p_3^2 \ldots . p_{n-1}^2 p_n$ haben. Nennt man diesen R, so wird, für die Mitte zwischen A und C, $mm'=Rp_n$ und für die Entfernung $(n+1)a$ von A, $mm'=Rp_{n+1}$. Aber p_{n+1} ist gröfser als p_n, und folglich ist mm' bei $(n+1)a$ Entfernung von A gröfser als bei der mittleren na. Rückt B noch um ein a der C näher, nämlich bis zu $(n+2)a$ von A, so wird $m=p_1 p_2 p_3 \ldots . p_{n+2}$ und $m'=p_1 p_2 p_3 \ldots . p_{n-2}$, woraus man erhält $mm'=p_1^2 p_2^2 p_3^2 \ldots . p_{n-2}^2 p_{n-1} p_n p_{n+1} p_{n+2}$. Dieser Werth von mm' hat mit dem vorhergehenden, bei $(n+1)a$ Entfernung von A, den Factor $p_1^2 p_2^2 p_3^2 \ldots . p_{n-2}^2 p_{n-1} p_n p_{n+1}$ gemein. Nennt man diesen, der Kürze wegen, R', so wird bei der Entfernung $(n+1)a$ von A, $mm'=R' p_{n-1}$ und bei $(n+2)a$ Entfernung $mm'=R' p_{n+2}$.

Weil aber $p_{n+2} > p_{n-1}$, so folgt hieraus, dafs $R'p_{n+2} > R'p_{n-1}$. Auf die gleiche Art kann bewiesen werden, dafs bei weiterem Fortrücken der Scheibe B gegen C mm' immer gröfser wird. Wenn B, von der mittleren Entfernung na, gegen A auf eine ähnliche Weise fortgerückt wird, so sieht man leicht ein, dafs m und m' nur ihre Werthe vertauschen, und also wird das Product mm', bei gleichen Entfernungen in beiden Fällen von der Mitte, gleich grofs. Hieraus folgt also, dafs mm' seinen kleinsten Werth hat, wenn B gerade in der Mitte zwischen A und C steht, und folglich hat $m'' - mm'$ bei dieser Stellung von B sein Maximum.

Die hier theoretisch für die drei erwähnten Fälle hergeleiteten Resultate sind schon von Fechner in seiner interessanten Untersuchung über Elektricität durch Vertheilung (Annal. (Bd. 51, S. 321) auf experimentellem Wege, obwohl nicht ganz unter denselben Umständen wie hier, nachgewiesen. Fechner fand für den dritten Fall das Maximum der Wirkung in der Mitte, oder beinahe in der Mitte, wenn er statt der Scheibe C das Elektroskop selbst in den elektrischen Schatten der nicht isolirten Scheibe stellte, und diese hin und her, zwischen der elektrisirten Scheibe und dem Elektroskope, bewegte (S. 329). Ganz ähnliche Resultate habe auch ich selbst mit den drei gleich grofsen Scheiben erhalten.

Nachdem also Theorie und Erfahrung darin übereinstimmen, dafs mm' am meisten von m'' abweicht, wenn die ableitend berührte Scheibe B in die Mitte zwischen A und C gestellt ist, hat man nur nöthig die Gröfse der Abweichung für diesen Fall zu bestimmen, um daraus schliefsen zu können, ob beide Gröfsen auch bei anderen Stellungen von B zwischen A und C so wenig verschieden sind, dafs mm' statt m'' gebraucht werden könne. Setzt man, wie vorher, $m'' - mm' = \mu$, so wird $m'' = mm' + \mu$. Wenn hier μ gegen mm' sehr klein ist, kann man μ übersehen und einfach $m'' = mm'$ annehmen. Alles beruht also dar-

auf, ob das Verhältnifs $\frac{\mu}{mm'}$, gegen die Einheit ein hinreichend kleiner Bruch sey. Die Gröfse mm' unmittelbar zu bestimmen, ist aber unbequem, und ich habe daher vorgezogen, μ mit m'' selbst zu vergleichen. In dieser Absicht habe ich Versuche mit Scheiben von verzinntem Eisenblech, 6 und 3 schwed. Zoll im Durchmesser, die so eben als möglich gehämmert waren, angestellt. Eine dieser Scheiben A wurde auf einer Siegellackstange, die auf dem einen Ende einer 17 Zoll langen, vertical gestellten Glasröhre eingeschmolzen war, in horizontaler Stellung isolirt. Auf diese Scheibe wurden drei schmale, gleich hohe Säulen von guter Lackcomposition durch Einschmelzen befestigt, und darüber eine andere Scheibe B gelegt. Auf diese wurden ebenfalls drei, mit den vorigen gleich hohe Säulen auf dieselbe Art befestigt, und darüber eine dritte Scheibe C, mit einem langen isolirenden Handgriffe von Siegellack versehen, gelegt. Dann wurde A durch augenblickliche Berührung von unten her, nahe bei dem Rande, mit der Kugel einer geladenen und erwärmten Leidener Flasche elektrisirt, und, nachdem die Flasche entfernt worden, C mit einem langen Drahte berührt. Gleich darauf wurde C isolirt aufgehoben und auf ein Strohhalmelektrometer so gestellt, dafs die Mitte der Scheibe den Gipfel berührte. Nachher wurden A und B von ihrer Elektricität befreit, dann A auf's Neue mit Hülfe der Flasche elektrisirt, und nach deren Entfernung zuerst B und gleich darauf C ableitend berührt. Nach dem Aufheben wurde C mit seiner Mitte auf den Deckel eines Goldblattelektrometers gestellt. Die Skale des Elektrometers war auf beiden Seiten des Nullpunkts in Linien getheilt, und die nachfolgenden Divergenzen sind auf die doppelte Linie als Einheit bezogen. Bei allen diesen Versuchen war die Flasche so stark geladen, dafs die elektrisirte Scheibe das zweite (weniger empfindliche) Strohhalmelektrometer auf 19° bis 22° brachte.

Wenn die Entfernung der sechszölligen Scheiben A und C 9 Lin. betrug, fand ich, dafs die Scheibe C, wenn sie

allein berührt worden, dem zweiten Strohhalmelektrometer so viel Elektricität mittheilte, dafs die Pendel 13° ½ divergirten. Wurde aber nicht nur *C*, sondern auch vorher *B* berührt, so war die auf das Goldblattelektrometer übertragene Elektricität so schwach, dafs die Goldblätter nur 0°,8 divergirten. Jene Divergenz rührte von der Elektricitätsmenge $-m''E$ her, die *A* allein in *C* band, denn die Wirkung der nicht berührten Scheibe *B* kann hier als Null betrachtet werden [1]). Diese dagegen war nur eine Folge des Unterschieds μE der Wirkungen der Scheiben *A* und *B*, nachdem *B* berührt worden. Wie man auch die Abhängigkeit der Divergenzen von den Elektricitätsmengen bei Pendelelektrometern betrachten mag, so wird wohl von Niemand in Abrede gestellt werden, dafs diese wenigstens eben so schnell als jene zunehmen. Durch Versuche fand ich, dafs dieselbe Menge von Elektricität einer der Scheiben, die das Goldblattelektrometer auf 3°, das erste (empfindlichere) Strohhalmelektrometer beinahe auf 3° ½ brachte. Also wird 0°,8 auf jenem, ungefähr 0°,9 auf diesem ergeben. Aber 13° ½ des zweiten Strohhalmelektrometers würde, nach dem Maafse des ersten geschätzt, 67° ½ betragen. Hieraus folgt also, dafs $m''E$ wenigstens 75 Mal gröfser ist als $-e$ oder μE. Also wird der Bruch $\frac{-e}{m''E} = \frac{\mu}{m''}$ gewifs $\frac{1}{75}$ nicht übersteigen. Er wird aber noch viel kleiner, wenn die Scheibe *B* der Scheibe *A* oder *C* näher gebracht wird, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, und daraus folgt, dafs schon bei der Entfernung von 9 Lin. zwischen den sechszölligen Scheiben *A* und *C* der Unterschied zwischen m'' und mm', wenn von keiner grofsen Genauigkeit die Rede ist, gegen m'' wird vernachlässigt werden können.

Hiernach wurden *A* und *C* auf die Hälfte der vorigen Entfernung gebracht. Ich fand die Divergenz, wenn nur

1) Bei anderen Versuchen wurde die Scheibe *A* gegen eine andere vertauscht, auf welcher Säulen von der doppelten Höhe befestigt wurden, und *B* ganz weggelassen. Das Resultat war, wie man erwarten konnte, von dem vorigen nicht merklich verschieden.

C berührt worden, am zweiten Strohhalmelektrometer 16°, und wenn B und C beide berührt, nur 0°,3 am Goldblattelektrometer. Weil 16° des zweiten Strohhalmelektrometers, nach dem Maafse des ersten geschätzt, 80°, und 0°,3 des Goldblattelektrometers ungefähr 0°,34 betragen würde, s cwird $\frac{\mu}{m''}$ gewifs $\frac{0,34}{80} = \frac{1}{235}$ nicht übersteigen, welcher Bruch weit kleiner ist, als der vorige ($\frac{1}{75}$). Also begeht man einen noch viel geringeren Fehler, wenn man, bei $4\frac{1}{2}$ Lin. Entfernung zwischen den Scheiben A und C, $m'' = mm'$ annimmt, als bei 9 Lin. Entfernung.

Ich hielt nicht für nöthig die Versuche bei noch kleineren Entfernungen der Scheiben fortzusetzen. Man ersieht nämlich leicht, dafs das Verhältnifs $\frac{\mu}{m''}$ immer kleiner werden mufs, je näher die Scheiben an einander gebracht werden, denn man hat $\frac{\mu}{m''} = \frac{m'' - m^2}{m''} = 1 - \frac{m}{m_{\prime}}$, in welchem Ausdrucke m und $m_{\prime}$ bei abnehmender Entfernung sich der Einheit immer mehr nähern.

Ganz anders verhielt sich die Sache, wenn die Scheiben in bedeutend gröfsere Entfernungen gestellt wurden. Wenn der Abstand zwischen A und C 2 Fufs betrug, war die in C gebundene Elektricitätsmenge, wenn B nicht berührt worden, so klein, dafs die Goldblättchen nur 1°,5 divergirten, obgleich die Flasche eben so stark als vorher geladen war. Wurde auch B berührt, betrug die Divergenz noch 0°,9, also mehr als die Hälfte der vorigen. Obgleich also der Unterschied der Gröfsen m'' und mm' an sich immer sehr klein ist, wird er doch bei grofsen Entfernungen der Scheiben *relativ* sehr bedeutend.

Aehnliche Versuche habe ich auch mit dreizölligen Scheiben angestellt. Hier fand ich bei denselben Entfernungen das Verhältnifs zwischen μ und m'' gröfser als bei den sechszölligen Scheiben. Wenn die Flasche so stark geladen war, dafs sie der Scheibe A eine Elektricitätsmenge mittheilte, die das zweite Strohhalmelektrometer ungefähr

auf 22° brachte, erhielt C, deren Entfernung von A 9 Lin. betrug, wenn sie allein berührt wurde, so viel Elektricität, dafs die Strohhälmchen dadurch 11° divergirten. Wurde auch B berührt, gingen die Goldblättchen nur 1°,8 aus einander. Das Verhalten dieser Divergenzen, beide auf dasselbe Maafs gebracht, beträgt beinahe $\frac{1}{27}$, also bedeutend mehr, als bei den sechszölligen Scheiben, bei derselben Entfernung. Wurden A und C auf 2 Fufs Entfernung gebracht, so wurde die von C gebundene Elektricität, durch die Berührung von B, nur unbedeutend geschwächt. Ich erhielt bei der einfachen Berührung 0°,8, und bei der doppelten 0°,7 am Goldblattelektrometer. Hier nähert sich also der Bruch $\frac{\mu}{m''}$ sehr der Einheit, und diefs wird noch mehr bei noch gröfseren Entfernungen der Fall seyn.

Dem Vorigen gemäfs wird also das Verhältnifs $\frac{\mu}{m''}$, wenn B in der Mitte zwischen A und C steht, oder wenn $m=m'$, immer kleiner, je näher die Scheiben einander gebracht werden. Dagegen nähert sich $\frac{\mu}{m''}$, den Versuchen gemäfs, nach und nach der Einheit, wenn die Entfernungen immer gröfser werden. Dasselbe kann auch theoretisch gefolgert werden, wie unten gezeigt werden soll. Wenn B nicht in die Mitte, sondern A oder C näher gestellt wird, so ist m' von m verschieden, und man hat $\frac{\mu}{m''}=\frac{m''-mm'}{m''}=1-\frac{m'}{m_{\prime}}$. Wird hier B der A oder C genähert, nähern sich m' und $m_{\prime}$ in beiden Fällen der Gleichheit, und also $\frac{\mu}{m''}$, wie grofs auch die Entfernung sey zwischen A und C, der Null. In Betreff des Verhältnisses $\frac{\mu}{mm'}$, so wird es in allen den Fällen klein, in welchen $\frac{\mu}{m''}$ selbst klein ist, denn man hat $mm'=m''-\mu$, und folglich $\frac{\mu}{mm'}=\frac{\mu}{m''-\mu}$. Wenn also μ gegen m'' vernachlässigt werden

kann, so geht $\frac{\mu}{mm'}$ in $\frac{\mu}{m''}$ über. Anders verhält sich die Sache, wenn μ in Vergleich mit m'' gröfser zu werden anfängt. Indem sich μ dem m'' nähert, verschwindet der Nenner $m''-\mu$ allmälig und $\frac{\mu}{mm'}$ nähert sich dem Unendlichen, oder mit anderen Worten, der umgekehrte Fall tritt ein, dafs mm' selbst gegen μ verschwindet.

Es erhellt also, dafs man bei Scheiben von 6 Zoll im Durchmesser für gewöhnliche Fälle μ gegen mm' vernachlässigen, oder $m''=mm'$ annehmen kann, wenn die Entfernung der äufsersten von den drei Scheiben 9 Lin. nicht übersteigt. Ob aber diefs auch bei gröfseren Entfernungen erlaubt sey, beruht auf den Umständen, und mufs für jeden Fall untersucht werden. Bei Scheiben von 3 Zoll im Durchmesser verhält sich die Sache schon anders, als bei den sechszölligen, wie die Versuche beweisen, denn hier ist der Vertheilungscoëfficient, bei derselben Entfernung, merklich kleiner. Obige Resultate werden daher unbrauchbar für Scheiben, deren Gröfse von den hier angegebenen bedeutend abweicht, wenn die Abhängigkeit der Vertheilungscoëfficienten von den Durchmessern der Scheiben nicht bekannt ist. Ich habe mich daher bemüht diese Abhängigkeit auf folgende Weise zu bestimmen.

Ich nehme an, dafs zwei gleich grofse Scheiben, A und B, einander in der Entfernung a gegenüberstehen. Wenn der Scheibe A die Elektricitätsmenge E mitgetheilt worden, und der Vertheilungscoëfficient, der dem a entspricht, m ist, so wird B, nachdem sie ableitend berührt worden, die Menge $-mE$ enthalten. Denkt man sich die Oberflächen von A und B in die sehr grofse Anzahl n sehr kleiner Theilchen getheilt, so kann man diese Theilchen als einfache Punkte betrachten. Also sind sämmtliche elektrische Kräfte, die von diesen Theilchen ausgehen und auf einen beliebigen elektrischen Punkt P in A oder B wirken, im Gleichgewicht. Weiter seyen A' und B' zwei andere Scheiben von doppelt so grofsem Durchmesser und Dicke, die einander in der doppelten Entfernung $2a$ gegenüberstehen.

Ich nehme an, dafs der A' die Elektricitätsmenge E, und der B' die Menge $-mE$ mitgetheilt worden, und stelle mir vor, dafs diese Elektricitäten gerade so auf den Oberflächen von A' und B', wie von A und B, verbreitet sind. Denkt man sich ferner jene Oberflächen auf die ganz gleiche Weise, wie diese, in die gleich grofse Anzahl n Theilchen zerlegt, so wird ein jedes dieser Theilchen gerade so viel Elektricität als das der Lage nach entsprechende Theilchen von A oder B erhalten. Wenn also P' einen Punkt [illegible] A' oder B' bezeichnet, der mit P eine ähnliche Lage [illegible] grosse Mengen von Elektricität in [illegible] Entfernungen auf P' als auf P. Eine [illegible] von den Theilchen der Oberflächen [illegible] A' und B' ausgehenden elektrischen Kräfte, ist [illegible] als die entsprechende Kraft, die [illegible] mit einer durch P' gezogenen [illegible] Winkel wie diese Kraft mit [illegible] Linie, die mit der vorigen eine [illegible] auf P wirkenden Kräfte [illegible] auch der Fall [illegible] die Elektricität [illegible] und folglich [illegible] Vertheilungscoëfficient. [illegible] Vertheilungscoëfficient, [illegible] Scheiben, gleich grofs [illegible] bei einer anderen gegenseitigen [illegible] Scheiben, wenn die [illegible] wie ihre Durchmesser verhalten [illegible] es also leicht, obige Resultate [illegible] sechs und dreizölligen Scheiben [illegible] zu benutzen. Alles nämlich, [illegible] Scheiben bei der Entfernung a [illegible] bei $2a$, bei den 18zölligen bei [illegible] bei $4a$ Entfernung u. s. w. Die [illegible] wenig in Betracht, wenn sie nur [illegible] ist, dafs m' nur wenig von

mm' verschieden ist, wenn die Entfernung der Scheiben A und C $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ ihres Durchmessers nicht übersteigt, und diefs bei jeder Stellung der Scheibe B zwischen A und C gilt, so ist klar, dafs die Entfernungeu innerhalb derselben Gränzen ohne grofsen Fehler als Logarithmen der Vertheilungscoëfficienten betrachtet werden können. Schon der Umstand, dafs der Vertheilungscoëfficient sich der Einheit nähert, wenn die Entfernung sich der Null nähert, deutet dahin, denn ein solches Verhalten ist mit keiner Relation zwischen jenen Gröfsen, der logarithmischen ausgenommen, verträglich. Mit Rücksicht auf ein gegebenes logarithmisches System werden die Entfernungen den Logarithmen der Vertheilungscoëfficienten proportional. Nennt man also M den bei der Entfernung b beobachteten Vertheilungscoëfficienten, und m den Vertheilungscoëfficienten bei der Entfernung a, wird $a : b = \log m : \log M$, woraus $\log m = \frac{a}{b} \log M$. Betrachtet man hier b als Einheit der Entfernung, so wird einfach $\log m = a \log M$. Diese Formel, die bei kleinen Entfernungen Genüge leistet, wird immer ungenauer, je gröfser a genommen wird, und zuletzt unbrauchbar. Es ist also zu vermuthen, dafs die logarithmische Relation zwischen Entfernungen und Vertheilungscoëfficienten nach und nach in eine andere übergehe, die für sehr grofse Entfernungen genau wird. Es wird nicht schwer seyn diese Relation aufzufinden. Ich nehme an, dafs die nicht isolirte Scheibe B in so grofser Entfernung von A gestellt sey, dafs der Durchmesser beider Scheiben in Vergleich mit dieser als verschwindende Gröfse betrachtet werden kann. Wird A elektrisirt, so wirken alle, von den elektrisirten Punkten in A ausgehenden Kräfte auf einen Punkt P in B fast in derselben Richtung lothrecht gegen B, und ihre Resultante wird die Summe aller Kräfte seyn. Die Resultante der elektrischen Kräfte, die von der Elektricität in B herrühren, und auf denselben Punkt P wirken, wird daher auch lothrecht gegen B in entgegengesetzter Richtung wirken. Wird jetzt B auf die doppelte Entfernung gebracht,

ändert sich, wie man leicht einsieht, die Richtung der von *A* ausgehenden auf *P* wirkenden Kräfte nicht merklich, und ihre Resultante wird daher in der vorigen Richtung, aber vier Mal so schwach wirken. Stellt man sich hier vor, dafs *B* nur $\frac{1}{4}$ der vorigen Elektrcitätsmenge enthält, die auf die gleiche Weise wie diese auf der Oberfläche verbreitet ist, so ist klar, dafs die Resultante der auf *P* wirkenden Kräfte, die von dieser Elektricität ausgehen, der vorigen der Richtung nach gleich, der Gröfse aber nur den vierten Theil von dieser beträgt, und daher wird sie genau aufgewogen durch die Resultante der von *A* ausgehenden Kräfte, die auf denselben Punkt wirken. Also wird bei der doppelten Entfernung zwischen *A* und *B* vier Mal weniger Elektricität, als bei den einfachen gebunden, oder allgemeiner ausgedrückt, die Vertheilungscoëfficienten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen, wenn diese gegen den Durchmesser der Scheiben sehr grofs sind.

Hieraus kann gefolgert werden, dafs bei grofsen Entfernungen zwischen den Scheiben *A* und *C* die in der Mitte eingeschaltete nicht isolirte Scheibe *B* die Wirkung von *A* auf *C* fast gar nicht schwächen wird, oder was damit einerlei ist, dafs das Verhältnifs $\frac{\mu}{m''}$ nur sehr wenig von der Einheit abweicht, welcher Umstand schon auf experimentellem Wege erwiesen worden ist. Man hat nämlich für diesen Fall $\frac{\mu}{m''} = \frac{m'' - m^2}{m''} = 1 - \frac{m}{m_{\prime}}$. Hier ist $m_{\prime} = \frac{m''}{m}$ oder das Verhältnifs der in *C* von *A* gebundenen Elektricität zu der in *B* gebundenen. Dem vorigen Beweise zufolge ist aber jene bei grofsen Abständen der Menge nach vier Mal kleiner als diese, also $m'' = \frac{1}{4} m$, woraus $\frac{m''}{m} = m_{\prime} = \frac{1}{4}$. Also wird $\frac{\mu}{m''} = 1 - 4m$, welcher Ausdruck von 1 nur sehr wenig verschieden ist, da m und sogar auch $4m$ gegen die Einheit hier sehr klein ist.

Ein besonderer Fall mit Bezug auf die drei Scheiben ver-

verdient hier genauer untersucht zu werden, wenn nämlich eine der Scheiben, A, elektrisirt worden, während die beiden andern, B und C, auf entgegengesetzten Seiten von A gestellt, mit dem Erdboden vereinigt werden. Wie viel Elektricität in diesem Falle in B und C gebunden wird, erhellt nicht sogleich. Oben ist gezeigt, dafs die Elektricitätsmenge in B die Summe der Elektricitätsmengen ist, welche A und C in B binden, und die Menge gebundener Elektricität in C die Summe der Mengen die A und B in C binden. Folglich kann man die eine dieser Elektricitätsmengen unmittelbar nicht bestimmen, wenn man nicht die andere im Voraus kennt. Bezeichnet man daher die in B und C gebundenen Elektricitätsmengen, als unbekannt, mit x und y, und nennt die Vertheilungscoëfficienten, die den Entfernungen zwischen A und B, A und C, B und C entsprechen, m, n, r, und E die Elektricitätsmenge in A, so wird B die Menge $-rx$ in C, und die Menge $-ry$ in B binden. A aber bindet $-mE$ in B, und $-nE$ in C, woraus man erhält:

$$x = -mE - ry, \qquad y = -nE - rx.$$

Diese beiden Gleichungen bestimmen x und y. Wird der Werth von y aus der zweiten Gleichung in die erste eingeführt, so wird $x = -mE + nrE + r^2 x$, woraus:

$$x = -\frac{m - nr}{1 - r^2} E \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Auf gleiche Weise erhält man:

$$y = -\frac{n - mr}{1 - r^2} E \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Durch die Rückwirkung der in B und C gebundenen Elektricitäten wird in A gebunden $-mx - ny$, und also wird die freie Elektricität, die in A zurückbleibt, $E + mx + ny$. Nennt man diese z, und substituirt die eben gefundenen Werthe von x und y, erhält man:

$$z = \frac{1 - m^2 - n^2 - r^2 + 2mnr}{1 - r^2} E \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Weil r in diesen Formeln der Vertheilungscoëfficient der Summe der Entfernungen ist, deren Vertheilungscoëfficienten m und n sind, so wird der Genauigkeit wenig ge-

schadet, wenn man, bei kleinen Entfernungen zwischen B und C, mn statt r einführt. Bei gröfseren Entfernungen, besonders wenn B und C ungefähr gleich weit von A abstehen, wird $r-mn$, d. h. μ mit mn verglichen, zwar bedeutender, aber je kleiner m und n werden, desto mehr verschwindet in der Formel (1) nr gegen m, und r^2 gegen 1, denn man hat immer r kleiner als m und n. Wenn bei unveränderter Stellung von B und C, nur A der B immer näher gebracht wird, so wird $\frac{\mu}{mn}$, wie oben gezeigt worden, nach und nach kleiner, m nimmt im Zähler der Formel (1) zu, nr dagegen ab, während der Nenner constant bleibt. Also wird der Fehler immer geringer, wenn man mn statt r einführt. Diefs ist aber nicht der Fall, wenn die mittlere Scheibe A der C genähert wird, denn dann nimmt m ab, nr aber zu, und wenn die Entfernung zwischen C und A unbeträchtlich ist gegen die Entfernung zwischen B und A, so wird r von m nur wenig verschieden seyn. Substituirt man also m für r in der Formel (1) und vernachlässigt r^2 im Nenner, wird $x=-m(1-n)E$. Wird mn statt r in (1) eingeführt und r^2 vernachlässigt, so geht x über in $-m(1-n^2)E$. Nennt man diesen Werth x', wird $x' : x = 1-n^2 : 1-n = 1+n : 1$, und beide Werthe weichen also merkbar von einander ab. Wenn man daher diesen einzigen Fall ausnimmt, kann man ohne grofsen Fehler $r=mn$ in der Formel (1) bei jeder Stellung der Scheiben A, B und C annehmen. Was hier von der ersten Formel geäufsert worden, gilt auch von der zweiten, wenn man nur m gegen n, B gegen C vertauscht. Wird in die dritte Formel mn für r eingeführt, so ist der Fehler für jeden Fall nur gering, denn bei kleinen Entfernungen zwischen B und C ist r von mn nur wenig verschieden, und bei gröfseren verschwinden r^2 und $2mnr$ mehr oder minder gegen die Einheit.

Wird mn statt r in die drei Formeln eingeführt, so gehen sie in folgende über:

$$x=-\frac{m(1-n^2)}{1-m^2n^2}E \;\ldots\; (4) \qquad y=-\frac{n(1-m^2)}{1-m^2n^2}E \;\ldots\; (5)$$

$$z = \frac{(1-m^2)(1-n^2)}{1-m^2n^2}E \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Weil $n^2 < 1$, $m^2 < 1$ und $m^2 n^2 < 1$, so sind Zähler und Nenner in allen drei Formeln positiv. Also sind die in B und C gebundenen Elektricitäten, wie leicht zu vermuthen ist, immer ungleichartig, die freie in A dagegen mit E gleichartig. Weil $m^2 n^2 < n^2$, so ist $\frac{1-n^2}{1-m^2 n^2} < 1$ und $\frac{m(1-n^2)}{1-m^2 n^2}E < mE$, oder die Menge der in B gebundenen Elektricität ist kleiner als die Menge von Elektricität, die in B gebunden wird, nachdem C entfernt worden. Auf die gleiche Weise kann bewiesen werden, dafs $\frac{n(1-m^2)}{1-m^2 n^2}E < nE$. Jemehr die eine Scheibe B der Scheibe A genähert wird, desto mehr nimmt ihre gebundene Elektricität zu, denn m im Zähler der Formel (4) wird gröfser, und $1-m^2 n^2$ im Nenner kleiner. Dagegen nimmt die gebundene Elektricität in C ab, denn $1-m^2$ im Zähler der Formel (5) nähert sich der Null, während $1-m^2 n^2$ im Nenner sich $1-n^2$ nähert. Weil $(1-m^2)E$ in der Formel (6) mit $\frac{1-n^2}{1-m^2 n^2}$ multiplicirt ist, so folgt, dafs die freie Elektricitätsmenge in A kleiner ist als die Menge, die in A frei wird, nachdem C weggenommen worden. Daraus ist auch ersichtlich, dafs wenn C der A genähert oder davon entfernt wird, die freie Elektricität in A in demselben Verhältnisse wie die in B gebundene ab- oder zunimmt.

Wenn in den Formeln (1), (2), (3) oder (4), (5), (6), m oder n gleich Null angenommen werden, so erhält man die Formeln wieder, die für den Fall gelten, wenn die Scheiben nur zwei sind. Ist $m=n$, oder B und C von A gleich weit entfernt, so gehen die Formeln (4), (5), (6) über in $x=y=-\frac{m(1-m^2)}{1-m^4}E=-\frac{m}{1+m^2}E$, und $z=\frac{(1-m^2)^2}{1-m^4}E=\frac{1-m^2}{1+m^2}E$. Weil $1+m^2 < 2$, ist

$\frac{m}{1+m^2}E > \frac{1}{2}mE$ und $\frac{2mE}{1+m^2} > mE$. Wenn also die Scheiben B und C gleich weit von A entfernt sind, so ist die Summe der in beiden gebundenen Elektricitätsmengen immer gröfser als die Elektricitätsmenge, die nur in der einen gebunden wird, nachdem die andere weggenommen worden. Ist m sehr klein, so nähert sich $\frac{2m}{1+m^2}E$ sogar $2mE$, und beinahe doppelt so viel Elektricität wird im ersten als im zweiten Falle gebunden. Weil $1+m^2$ zugleich Nenner in dem entsprechenden Werthe von z ist, so erhellt, dafs die freie Elektricitätsmenge für diesen Fall gröfser ist als die Hälfte der freien Elektricitätsmenge in A, wenn nur die eine der Scheiben B und C vorhanden ist. Uebrigens nähert sie sich mehr und mehr der Null, je weiter B und C gegen A fortrücken.

Werden die Formeln (4) und (5) addirt, so erhält man

$$x+y = -\frac{m(1-n^2)+n(1-m^2)}{1-m^2n^2}E = -\frac{m+n}{1+mn}E.$$

Nimmt man hier den einen der Vertheilungscoëfficienten n als constant an, und differentiirt mit Rücksicht auf den andern m, so wird $d.(x+y) = -\frac{1-n^2}{(1+mn)^2}Edm$. Weil m nicht im Zähler vorkommt, so wird der Differentialcoëfficient niemals Null, und weder Maximum noch Minimum tritt ein. Hieraus folgt, dafs die Summe $x+y$ unaufhörlich wachsen mufs, wenn m von Null bis auf 1 zunimmt. Wenn aber $m=0$, wird $x+y=-nE$, und wenn $m=1$, wird $x+y=-E$. Also ist die Summe der in B und C gebundenen Elektricitätsmengen immer gröfser als die Menge, die nur in einer der Scheiben gebunden wird, nachdem die andere weggenommen worden, kleiner aber als die Menge von Elektricität in A.

Wenn $m=n$, wird $x+y=-\frac{2m}{1+m^2}E$, und $d(x+y) = -\frac{2(1-m^2)}{(1+m^2)^2}Edm$. Hier wird der Differentialcoëfficient

Null, wenn $1-m^2=0$, woraus $m=\pm 1$. Also findet ein Maximum statt, wenn $m=1$, oder bei vollkommener Berührung der Scheiben B und C mit A. Wird in obige Formel statt m die Einheit eingeführt, so geht $x+y$ in $-E$ über. Weil aber dieser Werth einem Maximum entspricht, so wird die Summe der in B und C gebundenen Elektricitäten nur sehr wenig von $-E$ abweichen, wenn beide Scheiben, mit Beibehalten des gleichen Abstands von A, in der Nähe von A bewegt werden. Gesetzt $m=\frac{3}{4}$, so wird $x+y=-\frac{24}{25}E$, also nur $\frac{1}{25}$ geringer als bei vollkommener Berührung.

Wenn die Scheiben B und C, isolirt in gegebenen Entfernungen von A gestellt, abwechselnd berührt werden, so nähert sich der elektrische Zustand der Scheiben nach und nach demjenigen Zustande, welcher augenblicklich eintritt, wenn B und C auf einmal ableitend berührt werden. Berechnet man die successiven Veränderungen der freien und gebundenen Elektricitäten der Scheiben, die bei jeder Berührung erfolgen, unter der Voraussetzung, dafs die Elektricität, die von der einen Seite in A gebunden wird, nach der anderen Seite unwirksam ist; so entstehen abnehmende geometrische Reihen, deren gemeinschaftlicher Exponent ist $m^2 n^2$. Durch Summirung dieser Reihen erhält man genau die Formeln wieder, die mit (4), (5) und (6) bezeichnet sind; weil aber die Berechnung etwas langwierig ist, so übergehe ich sie hier.

Die Formeln (1), (2) und (3) gelten auch, wenn B und C auf dieselbe Seite von A gestellt werden, wenn man nur gehörig Rücksicht darauf nimmt, dafs r für diesen Fall einen ganz anderen Werth annimmt; denn hier wird r nicht der Vertheilungscoëfficient der *Summe*, sondern des *Unterschieds* der Abstände, deren Vertheilungscoëfficienten m und n sind. Nimmt man hier an, dafs C weiter als B von A abstehe, so steht C im elektrischen Schatten von B, und die Formel (2) drückt die Menge von Elektricität aus, die bei der gleichzeitigen Berührung der beiden Scheiben in C gebunden wird. Weil hier der Zähler $n-mr$ dieselbe

Gröfse ist, die in dem Vorhergehenden durch μ bezeichnet worden ist, und der Nenner $1-r^2<1$, so ist immer $y>-\mu E$, oder mehr Elektricität wird bei der gleichzeitigen, als bei der abwechselnden Berührung von B und C in C gebunden. Weil $\frac{y}{-\mu E}=\frac{y}{e}=\frac{1}{1-r^2}$, so erhellt, dafs y und e beinahe gleich grofs sind, wenn C so weit von B entfernt ist, dafs r^2 von Null nur wenig verschieden ist. Je mehr aber C der Scheibe B genähert wird, desto mehr nähert sich r der Einheit und $1-r^2$ der Null. Bei grofser Nähe verschwindet daher e fast ganz gegen y, welchen Umstand auch die Erfahrung bestätigt, wie vorher gezeigt worden ist (S. 63). Weil das Verhältnifs $\frac{1}{1-r^2}$ von m unabhängig ist, so mufs es dasselbe bleiben, wenn B und C, ohne ihre gegenseitige Stellung zu verändern, der Scheibe A genähert oder von A entfernt werden. Die Erfahrung zeigt, dafs y sehr langsam abnimmt, wenn C, bei unveränderter Stellung von A und B, von der Scheibe B entfernt wird. Die Ursache liegt darin, dafs sowohl der Zähler $n-mr$, als der Nenner $1-r^2$ in solchem Falle nach und nach gröfser werden. Die Formel (1) giebt die Menge von Elektricität an, die in B bei der gleichzeitigen Berührung von B und C gebunden wird. Weil $-mE$ die Menge der in B bei der abwechselnden Berührung gebundenen Elektricität ist, so wird $\frac{x}{-mE}=\frac{m-nr}{m-mr^2}$. Da $n>mr$, so ist $nr>mr^2$, und $m-nr<m-mr^2$. Folglich ist auch $x<-mE$, d. h. weniger Elektricität wird in B bei der gleichzeitigen, als bei der abwechselnden Berührung von B und C gebunden. Je weiter C von A und B entfernt wird, desto mehr nähern sich x und $-mE$ der Gleichheit, denn nr und mr^2 verschwinden immer mehr gegen m.

Je mehr die Scheiben B und C einander genähert werden, desto mehr nähern sich m und n der Gleichheit, und r der Einheit. Zuletzt tritt wirkliche Berührung ein, und

beide Scheiben sind nur als eine einzige Scheibe zu betrachten, deren Elektricität nur auf den auswendigen Flächen angesammelt ist. Es erhellt also, dafs, wenn eine nicht isolirte Scheibe B' der elektrisirten Scheibe A gegenübersteht, man sich vorstellen kann, die der A zugekehrte Fläche von B' sey B, die abgekehrte dagegen C. Wenn man also die Dicke der Scheibe B' als die Entfernung zwischen den Scheiben B und C, die hier unendlich dünn angenommen werden, ansieht, so werden die Elektricitätsmengen der beiden Oberflächen von B' durch die Formeln (1) und (2) repräsentirt. Wenn man daher in diesen $m=n$ annimmt, so scheint es, dafs die daraus hervorgehenden Werthe von x und y diese Mengen desto genauer ausdrücken würden, je dünner die Scheibe ist. Wenn aber $m=n$, ist auch $r=1$, und obige Formeln gehen in $x=-\frac{0}{0}$, $y=-\frac{0}{0}$ über. Setzt man in der Formel (2) $n=mm_{,}$ so wird $y=-\frac{m(m_{,}-r)}{1-r^2}E$, in welchem Ausdrucke $m_{,}$ von der Einheit um so weniger verschieden ist, je näher B und C einander stehen. Gesetzt $1-r=\omega$, und $1-m_{,}=\omega'$, so ist $r=1-\omega$, und $m_{,}=1-\omega'$. Werden diese Werthe in die letzte Formel eingeführt, und der Ausdruck auf der rechten Seite in Factoren zerlegt, so geht sie über in $y=-\frac{m}{2-\omega}\cdot\frac{\omega-\omega'}{\omega}.E$. Hier ist der Werth des Factors $\frac{m}{2-\omega}$ immer bestimmt, und nur der andere $\frac{\omega-\omega'}{\omega}$ geht in $\frac{0}{0}$ über, wenn $r=1$. Je mehr sich r der Einheit nähert, desto kleiner wird, wie ziemlich leicht zu ersehen ist, ω' gegen ω. Also mufs das Verhältnifs $\frac{\omega'}{\omega}$, indem ω und ω' in Null übergehen, eine Gränze erreichen, die kleiner ist als die Einheit, und folglich ist der entsprechende Gränzwerth von $\frac{\omega-\omega'}{\omega}=1-\frac{\omega'}{\omega}$ zwischen 0 und der Einheit eingeschlossen. Nennt man q die Gränze von

$\frac{\omega'}{\omega}$, und y' den Werth von y, der dieser Gränze entspricht, so wird $y' = -\frac{m}{2}(1-q)E$, also $y' < -\frac{m}{2}E$. Das obige stimmt mit der Erfahrung gut überein, denn wie dünn auch die Scheibe B' sey, so ist doch, bei nicht zu grofsen Entfernungen, die Elektricitätsmenge in der abgewandten Fläche immer viel kleiner, als in der zugewandten, und verändert sich nicht merklich, wenn die Dicke über einen gewissen Grad abgenommen hat. Jene wird daher für diesen Fall sehr nahe durch $-\frac{m}{2}(1-q)E$ ausgedrückt, in welchem Ausdruck $1-q$ gewöhnlich viel kleiner ist als die Einheit, und folglich q dieser ziemlich nahe ist. Je näher die Scheibe B' der A gebracht wird, desto mehr nimmt ω' zu, und nähert sich dem ω, und folglich $1-q$ der Null. Bei sehr kleinen Entfernungen kann man also die auf der Rückseite von B' angehäufte Elektricität als Null ansehen. Wird die Entfernung vermehrt, nimmt ω' immer ab, während ω unverändert bleibt, und jene verschwindet fast völlig gegen ω bei sehr grofsen Abständen. Also nimmt die Gränze q allmälig ab, und die auf der Rückseite von B' gebundene Elektricität nähert sich $-\frac{m}{2}E$. Dasselbe folgt auch aus der Formel $y = -\frac{n-mr}{1-r^2}$, denn sind B und C von A bedeutend entfernt, so kann man m und n als gleich grofs annehmen, obgleich r von der Einheit merklich abweicht. Innerhalb der Gränzen der Entfernungen zwischen B und C, für welche diefs erlaubt ist, wird also $y = -\frac{m(1-r)}{1-r^2}E = -\frac{m}{1+r}E$, welcher Ausdruck der Gröfse $-\frac{m}{2}E$ um so näher kommt, je weniger r von der Einheit abweicht. Weil aber die ganze Menge der in B' gebundenen Elektricität $-mE$ ist, so ist auch die Elektricitätsmenge der zugekehrten Fläche $-\frac{m}{2}E$, und folglich

nähern sich die Elektricitäten beider Flächen um so mehr der Gleichheit, je weiter B' von A entfernt wird. Diefs wird auch durch die Erfahrung bestätigt, wie schon S. 65 bemerkt worden.

Macht man in der Formel (1) dieselben Substitutionen, wie in (2), so geht sie über in $x = -\frac{m}{2-\omega} \cdot \frac{\omega + \omega' - \omega\omega'}{\omega} \cdot E$. Hier ist der eine Factor $\frac{m}{2-\omega}$ immer bestimmt, wie im vorigen Fall, und nur der andere $\frac{\omega + \omega' - \omega\omega'}{\omega}$ geht in $\frac{0}{0}$ über, wenn ω und ω' verschwinden. Indem die Entfernung zwischen B und C immer kleiner wird, verschwindet $\omega\omega'$ gegen ω und ω', und ω gegen 2 allmälig, $\frac{\omega'}{\omega}$ aber erreicht die Gränze q, die kleiner ist als die Einheit, und folglich ist der Gränzwerth von $\frac{\omega + \omega'}{\omega} = 1 + q$ immer > 1, aber < 2. Nennt man x' den Werth von x, der dieser Gränze entspricht, so wird $x' = -\frac{m}{2}(q+1)E$, und also ist die Elektricitätsmenge der zugewandten Fläche von B' immer gröfser, als die Hälfte der ganzen Menge, die in B' gebunden wird. Bei sehr kleinen Entfernungen zwischen B' und A ist 1 die Gränze von $\frac{\omega'}{\omega}$, und bei sehr grofsen geht es in Null über. Im ersten Falle wird also $x' = -mE = -E$, oder alle Elektricität sammelt sich auf der vorderen Fläche von B', und im zweiten wird $x' = -\frac{m}{2}E$, oder gleich der halben Gesammtmenge von Elektricität in B', wie zu erwarten war.

Summirt man die beiden transformirten Werthe von x und y, so wird $x+y = -\frac{m(2\omega - \omega\omega')}{(2-\omega)\omega} \cdot E = -\frac{m(2-\omega')}{2-\omega} \cdot E$. Wenn B und C einander sehr nahe sind, so verschwinden ω und ω' gegen 2, und man erhält $x+y = -mE$. Stehen sie dagegen sehr weit von einander ab, so kann man ω und ω' gleich der Einheit annehmen, und man erhält wie-

der $x+y=-mE$. Für alle anderen Entfernungen ist aber $x+y>-mE$, denn $\omega>\omega'$, und folglich $\frac{2-\omega'}{2-\omega}>1$. Weil aber ω und ω' sich mehr und mehr der Gleichheit nähern, je gröfser sie werden, so erhellt, dafs $\frac{2-\omega'}{2-\omega}$ bei zunehmender Entfernung nur wenig von der Einheit, und folglich $x+y$ nur wenig von $-mE$ abweichen könne. Wenn also C in der Nähe der nicht isolirten Scheibe B berührt wird, kann man sich vorstellen, dafs ein Theil von der Elektricität dieser Scheibe in C übergeht, wie schon vorher bemerkt worden ist.

In dem Vorhergehenden ist vorausgesetzt worden, dafs die leitenden Scheiben eine kreisrunde Form haben. Sollten sie aber viereckig oder anders gestaltet seyn, so sind die Erscheinungen der elektrischen Vertheilung, wie die Erfahrung zeigt, der Hauptsache nach dieselben, wenn die Scheiben nur gleich grofs sind und so gestellt werden, dafs die geraden Linien, welche ähnlich liegende Punkte verbinden, gegen die Oberflächen rechtwinklig sind. Selbst wenn die Oberflächen gekrümmt sind, ist die S. 70 und 223 vorgetragene Theorie, und sogar die Gleichungen (1) bis (6) noch anwendbar, wenn nur die Entfernung der gegenüberstehenden Flächen klein und überall dieselbe ist. Wenn die elektrisirte Scheibe ein Nichtleiter ist, so wirkt sie fast auf dieselbe Weise wie eine leitende Scheibe vertheilend auf die ableitend berührten Scheiben, wenn nur die Elektricität ihrer Oberfläche ziemlich gleichmäfsig verbreitet ist, denn bei kleinen Entfernungen verbreitet sich auch die Elektricität der Oberfläche einer leitenden Scheibe fast gleichmäfsig, und bei gröfseren Abständen ist die Verbreitung beinahe gleichgültig.

Die oben mit Rücksicht auf drei Scheiben aufgestellte Vertheilungstheorie enthält den Grund der Erklärung der Erscheinungen des Elektrophors, wie hier kürzlich gezeigt werden soll. Der Elektrophor besteht bekanntlich aus drei Theilen, nämlich dem elektrisirten Harzkuchen, der unteren

Belegung oder Form, und einer leitenden Scheibe, genannt der Deckel. Der Harzkuchen steht hier in der Mitte, und wirkt vertheilend, sowohl auf die Form, als den Deckel. Es erhellt also, dafs dieser Fall mit demjenigen analog ist, in welchem die Scheiben B und C auf entgegengesetzte Seiten von A gestellt sind. Es stelle daher A den Harzkuchen vor, oder vielmehr dessen obere Fläche, B die untere Belegung und C den Deckel, die ich beide von gleicher oder beinahe gleicher Gröfse mit der Harzfläche annehme.

Ich nehme an, dafs in dem Harzkuchen durch Reiben, wie gewöhnlich, negative Elektricität erregt sey, die ich mit $-E$ bezeichne. Diese bindet in der unteren Belegung die Elektricitätsmenge mE, und mE bindet zurück in der oberen Harzfläche $-m^2 E$. Also wird hier frei $-(1-m^2)E$. Wird der Deckel C isolirt auf den Harzkuchen gelegt, so kann man sich vorstellen, dafs nur die freie Elektricität $-(1-m^2)E$ vertheilend auf diesen einwirkt, weil die gebundenen Elektricitäten in A und B ihre Wirkungen in C beinahe aufheben, wie oben gezeigt worden. In dem Deckel wird also gebunden $n(1-m^2)E$, welche Elektricität von $(1-m^2)E$ nur sehr wenig abweicht, weil n wegen der grofsen Nähe gleich der Einheit angenommen werden kann. Diefs vorausgesetzt, wird im Deckel frei $-(1-m^2)E$. Wird der Deckel ableitend berührt, geht negative Elektricität weg, und die gebundenen Elektricitätsmengen der unteren Belegung und des Deckels werden durch die Formeln (3) und (4) vorgestellt, wenn nur das Zeichen auf der rechten Seite umgekehrt wird. Wenn aber $n=1$, wird $x=0$, und $y=E$, woraus erhellt, dafs die gebundene Elektricität der unteren Belegung durch die Berührung beinahe verschwindet, während die gebundene Menge des Deckels mit der Elektricitätsmenge des Harzkuchens fast gleich grofs wird. Weil also der Deckel negative und die untere Belegung positive Elektricität verliert, fühlt man einen elektrischen Schlag durch die plötzliche Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten, wenn die Verbindung beider mit der Hand gemacht wird. Hebt man den ableitend be-

rührten Deckel isolirt in die Höhe, so wird seine gebundene positive Elektricitätsmenge E frei, und er giebt einem genäherten Leiter einen starken Funken.

Wenn die Basis des Elektrophors vor dem Aufsetzen des Deckels isolirt ist, so wird in diesem, wie vorher, $(1-m^2)E$ gebunden und $-(1-m^2)E$ frei. Wird der Deckel allein berührt, so verschwindet die freie $-(1-m^2)E$ und die zurückbleibende gebundene bindet zurück im Harzkuchen $-(1-m^2)E$, und also wird hier alle Elektricität gebunden. Weil aber $(1-m^2)E$ im Deckel und $-(1-m^2)E$ in der Harzfläche ihre Wirkungen in der unteren Belegung aufheben, so wirkt nur $-m^2E$ in der Harzfläche vertheilend auf diese, und bindet $+m^3E$. Aber die ganze Menge von Elektricität in der unteren Belegung ist mE, und also wird hier frei $mE-m^3E=m(1-m^2)E$. Hebt man jetzt den Deckel isolirt in die Höhe, so wird nur seine gebundene Elektricität $(1-m^2)E$ frei, und folglich ist der Deckel bedeutend schwächer elektrisirt, als im vorigen Fall. Setzt man den Deckel wieder isolirt auf den Harzkuchen, und berührt diesen und die untere Belegung zugleich, so ist der elektrische Zustand aller drei Theile gerade derselbe, wie vor der Isolirung der Basis. Hebt man also den Deckel isolirt auf, so wird in ihm $+E$ frei, aber sogleich bindet $-E$ im Harzkuchen wieder $+mE$ in der unteren Belegung, und $-mE$ wird hier in Freiheit gesetzt. Es erhellt also, dafs je dicker der Harzkuchen ist, um so kleiner auch die freie negative Elektricitätsmenge der unteren Belegung ist, im Vergleich mit der freien positiven des aufgehobenen Deckels. Weil die entgegengesetzten Elektricitäten mE und $-mE$ der unteren Belegung ihre Wirkungen beinahe aufheben, so wird fast die ganze Menge von Elektricität im Harzkuchen frei, nachdem der Deckel aufgehoben worden, welches man daraus erkennt, dafs er weit stärkere Funken gegen genäherte Leiter schlägt, als im nicht isolirten Zustande der Basis.

Wenn der Deckel die elektrisirte Harzfläche nicht genau berührt, oder die genaue Berührung durch absichtlich

gelegte kleine nicht leitende Zwischenkörper verhindert wird, so kann n und noch mehr n^2 merklich kleiner als die Einheit seyn, und die Elektricität des ableitend berührten und nachher isolirt aufgehobenen Deckels wird, im Falle der Nichtisolirung der Basis des Elektrophors, durch $\frac{n(1-m^2)}{1-m^2n^2}E$ ausgedrückt. Setzt man hier $n=1-\omega$, und substituirt diesen Werth von n im vorigen Ausdrucke, so geht er, wenn man ω^2 übersieht, über in $\frac{(1-\omega)(1-m^2)}{1-m^2+2\omega m^2}E$. Wenn hier n der Einheit so nahe ist, dafs nicht nur ω gegen diese, sondern auch $2\omega m^2$ gegen $1-m^2$ vernachlässigt werden kann, so geht der Ausdruck in E über, und eine noch genauere Berührung des Deckels mit der Harzfläche vermehrt die Wirkung nicht merklich. Wenn aber m selbst von der Einheit nicht bedeutend verschieden ist, so kann ω gegen diese sehr klein seyn, obgleich doch $2\omega m^2$, mit $1-m^2$ verglichen, erheblich genug ist. Hieraus folgt also, dafs die nicht genaue Berührung des Deckels mit der Harzfläche der Wirkung des Elektophors um so mehr schadet, je dünner der Harzkuchen ist. Uebrigens giebt ein dünnerer Kuchen eben so viel Elektricität als ein dickerer, und ist, wegen der geringeren Menge freier Elektricität fähiger seine Wirkung beizubehalten.

Zuletzt will ich nur eine kurze Anwendung des Vorigen auf das elektrische Ladungsglas hinzufügen. Wenn E die Elektricitätsmenge bezeichnet, die die eine Belegung A einer belegten Glasscheibe durch Verbindung mit dem ersten Leiter einer in Thätigkeit gesetzten elektrischen Maschine erhält, wenn die andere Belegung B isolirt ist, so wird $(1-m^2)E$ die freie Elektricität jener, wenn diese, nach aufgehobener Verbindung der Scheibe mit dem Conductor, ableitend berührt wird; vorausgesetzt nämlich, dafs m der Vertheilungscoëfficient ist, der der Dicke des Glases entspricht. Wird A von Neuem mit dem ersten Leiter verbunden, während B mit dem Erdboden in Verbin dung steht, so nimmt A weit mehr Elektricität an, und die

Zuströmung hört nicht eher auf, bis die freie Elektricität in A wieder E ist. Diefs ist nämlich daraus klar, dafs die Verbreitung der freien Elektricität im ersten Leiter, und A von den in A und B gebundenen Elektricitäten beinahe unabhängig ist. Nennt man E' die ganze Menge zugeströmter Elektricität in A, so wird $E=(1-m^2)E'$, woraus $E'=\frac{E}{1-m^2}$. Diesem zufolge wird $-\frac{mE}{1-m^2}$ die Menge von Elektricität, die E' in B bindet. Ich nehme jetzt an, dafs eine mit der vorigen ganz gleiche belegte Glasscheibe auf diese so gelegt werde, dafs die inneren Belegungen einander genau bedecken. Werden die beiden äufseren Belegungen leitend verbunden, so entsteht ein doppeltes Ladungsglas, in welchem die den inneren Belegungen mitgetheilte Elektricität nach beiden Seiten vertheilend wirkt, und entgegengesetzte Elektricität in den beiden äufseren bindet. Werden jene mit dem ersten Leiter der Maschine vereinigt, während diese isolirt sind, so erhalten sie die Elektricitätsmenge E. Berührt man, nach abgebrochener Verbindung mit dem Conductor, die äufseren Belegungen ableitend, so wird, bei gleicher Dicke und Beschaffenheit der Gläser, $\frac{1-m^2}{1+m^2}E$ die freie Elektricität der inneren Belegungen (S. 243). Werden diese, bei fortdauernder Nichtisolirung der äufseren Belegungen, mit dem Conductor wieder vereinigt, so nehmen sie neue Mengen von Elektricität an, bis die freie Elektricität wieder E ist. Wenn also E'' die Gesammtmenge von Elektricität der inneren Belegungen bezeichnet, so wird $E=\frac{1-m^2}{1+m^2}E''$ und $E''=\frac{1+m^2}{1-m^2}E$.

Wie aber S. 244 gezeigt worden, ist $\frac{2m}{1+m^2}E''$ die Summe der gebundenen Elektricitäten der beiden äufseren Belegungen. Wird hier statt E'' sein Werth $\frac{1+m^2}{1-m^2}E$ eingeführt, so geht der Ausdruck der obigen Summe in $-\frac{2m}{1-m^2}E$

über. Weil aber die gebundene Elektricität der einfachen Glasscheibe, in der Belegung B', $-\frac{m}{1-m^2}E$ war, so erhellt, dafs in dem doppelten Ladungsglase genau die doppelte Menge von Elektricität gebunden wird, woraus also folgt, dafs die Wirkung doppelt so grofs wird.

Eine solche Einrichtung der elektrischen Ladungsgläser scheint mir bei grofsen elektrischen Batterien vortheilhaft zu seyn. Wenn nämlich mehrere ähnliche Paare Glasscheiben dicht an einander gestellt werden, so wird eine bedeutende Menge belegtes Glas in einen sehr kleinen Raum eingeschlossen.

VI. *Ueber die Veränderung des Leitungswiderstandes der Flüssigkeiten durch Erhöhung der Temperatur, nebst Angabe der Construction eines Differentialgalvanometers; von Hankel.*

Bei einer gewissen, vor längerer Zeit angefangenen, ausgedehnten Untersuchung war es auch nothwendig die Veränderung des Leitungswiderstandes durch die Erhöhung der Temperatur genauer zu bestimmen, da alle bis jetzt vorliegenden Versuche nur im Allgemeinen das Resultat geben, dafs wirklich der Leitungswiderstand durch die Erhöhung der Temperatur vermindert wird (Ohm, in diesen Annalen, Bd. 63, S. 204, und Henrici, Bd. 64, S. 174). Als einfachstes und zugleich sicherstes Mittel für diese Messung bot sich mir folgendes dar.

Ich brachte die zu untersuchende Flüssigkeit in eine U förmig gebogene graduirte Röhre, und verband zwei Punkte dieser Flüssigkeitssäule durch Drähte, welche mit Metallplatten in die Flüssigkeit tauchten, mit dem Multiplicator. Die Werthe einer Theilung der Röhre der geraden Schenkel waren in Beziehung auf Länge und Weite genau be-

stimmt.. Der Werth des gebogenen Theiles wurde durch Versuche ausgemittelt. Da die folgenden Versuche mit Kupfer- und Zinklösungen angestellt wurden, so waren die Platten, welche in die Flüssigkeit tauchten, von Kupfer oder von Zink, und wurden öfter durch eine Feile blank geschabt; sie waren so grofs, als es der Durchmesser der Röhre erlaubte.

Das Differentialgalvanometer.

Zur Messung des Leitungswiderstandes construirte ich mir ein Differentialgalvanometer, das wirklich als brauchbar zu betrachten ist. Es ergab sich durch eine Reihe von Versuchen, dafs der Grund, warum bei dem bisher construirten Differentialgalvanometer zwei gleiche Ströme, welche durch die beiden Drähte nach entgegengesetzten Richtungen geleitet werden, die Magnetnadel des Instruments nicht auf dem Nullpunkte stehen lassen, sondern rechts und links, je nachdem die Nadel zufällig in Schwankungen geräth, ablenken und auf Weiten von 5° bis 10° festhalten, allein in der *einseitigen* Wirkung der Drähte, namentlich der vertical vor der Nadel vorbeigehenden, auf *einen* Pol zu suchen ist. Es lassen sich die Drahtwindungen nicht so regelmäfsig legen, dafs dieser Einflufs verschwindet. Ich wickelte also den übersponnenen Kupferdraht auf einen grofsen Ring von 3 Fufs Durchmesser, der auf einem besonderen Tische befestigt war, und hing in die Mitte desselben an einem Coconfaden einen kleinen Magnetstab von 3 Zoll Länge auf. In dem von mir construirten Differentialgalvanometer waren zwei Drähte von 0,14789 Par. Zoll Durchmesser (jeder von 286 Fufs Länge und 28 Umwindungen) um den Ring gewickelt. Die Magnetnadel hing an einem Coconfaden, der von oben an der Innenseite des Ringes angebracht war, und wurde durch einen Glaskasten sorgfältig vor Luftströmungen geschützt. Dieser Glaskasten befand sich auf einem hölzernen Brette, welches etwas unterhalb des Mittelpunkts des Ringes befestigt war. Um die Empfindlichkeit des Instruments zu erhöhen, wurde die Richt-

Richtkraft des kleinen Magnetstabes durch einen im Meridian befindlichen Stabmagnet beliebig geschwächt, und um jede kleine Aenderung an der Stellung des kleinen Magnetstabes wahrnehmen zu können, trug er einen kleinen Spiegel von Glas, in welchem nach bekannter Weise mittelst eines Fernrohrs eine unter demselben befindliche Scale beobachtet wurde.

Durch ein, zwei und drei Daniell'sche Elemente wurde nun ein galvanischer Strom erregt, und nachdem er durch einen ganz einfach construirten Commutator gegangen war, in zwei Theile gespalten, so dafs der eine Zweigstrom den einen Draht des Galvanometers in der einen Richtung, der andere in der entgegengesetzten durchlaufen mufste. Da durch stärkeres Anspannen des einen Drahtes in demselben ein etwas gröfserer Widerstand entstanden war, so wurden an den andern einige Fufs desselben Drahts angefügt, bis die Magnetnadel bei dem Durchgange dieser beiden Ströme durch das Galvanometer ganz unbewegt blieb. In den einen Zweigstrom wurde nun die Flüssigkeitssäule, in den andern dagegen Spiralen von dünnen Eisendrähten, deren Widerstand genau bekannt war, eingeschaltet, und die letztere so lange abgeändert, bis sie einen der Flüssigkeitssäule gleichen Widerstand darboten, d. h. bis die Nadel auf Null stehen blieb, wenn die Kette geschlossen wurde. Um aber eine und dieselbe Füllung der Röhre zu allen Versuchen gebrauchen zu können, wurde der Strom nicht fortwährend hindurchgelassen, sondern nur auf Augenblicke, wenn die nöthigen Einschaltungen gemacht waren; die Kette war deshalb für gewöhnlich geöffnet, und nur wenn durch die Niederdrückung eines Hebels mittelst des Fufses eine damit in Verbindung stehende kupferne Metallfeder in Quecksilber getaucht wurde, geschlossen. Durch diese nur sehr kurze Zeit dauernden Ströme wurde auch eine Erwärmung der Platten und Flüssigkeitssäulen verhindert. Um jede Polarisation der Platte zu zerstören, war der Commutator eingeschaltet, der deshalb nach jeder Schliefsung der Kette umgestellt wurde. Jede Polarisation verräth sich bei dem

Instrumente übrigens augenblicklich beim Oeffnen, indem nach dem Oeffnen der Daniell'schen Kette die beiden Drähte des Multiplicators mit der Flüssigkeitssäule und dem Eisendrahte noch einen geschlossenen Kreis bilden, in welchem die beiden Drähte des Multiplicators jetzt nicht in entgegengesetztem, sondern in gleichem Sinne durchlaufen werden.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, daſs dieſs Differentialgalvanometer für Messung der Widerstände ein sehr bequemes und völlig brauchbares Instrument ist; auſserdem läſst sich dasselbe auch, wenn man beide Drähte in gleichem Sinne verbindet, als sogenannte Tangentenbussole anwenden. Auch zur Bestimmung der Gröſse der Polarisation der Platten ist es sehr brauchbar. Ich habe dieses Instrument schon im Jahre 1844 construiren lassen, und die sogleich mitzutheilenden Versuche sind auch schon in den letzten Monaten des genannten Jahres ausgeführt worden [1]). Ich glaubte immer noch Gelegenheit und Zeit zu gröſserer Ausdehnung derselben finden zu können; da eine weitere Ausführung derselben aber bis jetzt mir noch nicht möglich gewesen ist, so hoffe ich die Mittheilung dieser Bruchstücke damit entschuldigen zu können, daſs bis jetzt keine genaueren Versuche über die Aenderung des Leitungswiderstandes der Flüssigkeiten bekannt geworden sind.

Aenderung der Leitungswiderstände durch Temperaturerhöhung.

Da es bei diesen Bestimmungen auf ein absolutes Maaſs nicht ankommt, so lasse ich alle Messungen, die zur Bestimmung eines solchen dienen, hinweg. Die beiden geradlinigen Schenkel der Röhre waren, von einem bestimmten Punkte über der Biegung an, eingetheilt. Die Länge einer cylindrischen Flüssigkeitssäule, welche bei gleicher Dicke wie die geraden Schenkel der Röhre eben so viel Widerstand leistet, als der gebogene Theil der Uförmig gekrümmten Röhre sammt dem Uebergangswiderstande, möge

1) Eine kurze Erwähnung derselben findet sich in dem Intelligenzblatte der Hallesch. allgem. Literaturzeitung, in dem Berichte über die Sitzung der hiesigen naturforschenden Gesellschaft am 19. Juli 1845.

mit x bezeichnet werden. (Der Widerstand des gekrümmten Theiles allein beträgt ungefähr 17,4 Theilstriche.) — Bei der Abkühlung bis 0° wurde die Röhre in ein Gefäfs mit Eis gestellt, bei den übrigen Temperaturen aber in ein Gefäfs mit Wasser, das mit heifsem Sande oder heifsem Wasser nochmals umgeben war, um die Aenderungen der Temperatur während der Dauer eines Versuchs sehr gering zu machen. Für die geringen Aenderungen wurden die nöthigen Correctionen angebracht, um die verschiedenen Beobachtungen auf einerlei Temperatur beziehen zu können. Bei diesen Abweichungen von meistens nur wenigen Zehntheilen eines Grades kann man die Aenderung der Leitungsfähigkeit ohne merklichen Fehler der Aenderung der Temperatur proportional setzen; die Reduction geschah übrigens, um diese Werthe noch zu verkleinern, auf die Temperatur einer mittleren Beobachtung. Um vor gröfseren Versehen gesichert zu seyn, wurden nämlich stets mehrere Versuche mit verschiedenen Flüssigkeitslängen angestellt. Die Berechnung der Versuche ist sehr einfach. Die erste Columne der folgenden Angaben bedeutet die Länge der Flüssigkeitssäule, und die zweite die einen gleichen Widerstand darbietende Länge der Eisendrähte (in Decimalfufsen). Ich habe stets die bei der Einschaltung x (also dem gekrümmten Theile der Röhre) gemachte Messung von den übrigen abgezogen, und dadurch die Widerstände erhalten, welche Flüssigkeitssäulen von der Länge 10, 20, 30 und 40 darbieten. Im Mittel ist dann der Widerstand y für eine Säule von der Länge eines Theilstrichs angegeben. Die Temperatur ist nach R. Graden bestimmt.

Leitungswiderstand einer concentrirten Kupfervitriollösung A, vom spec. Gew. 1,17, bei der Temperatur:

$x.y = 197,39$ 0°
$(x+10)y = 310,58$ 0
$(x+40)y = 645,96$ 0
Mittel für y bei 0° $= 11,26$

$x.y = 130,35$; 11°,8
$(x+10)y = 203,02$; 11,8
$(x+20)y = 276,37$; 11,9
$(x+30)y = 352,63$; 11,9
$(x+10)y = 424,71$; 12,0
Mittel für y bei 11°,9 $= 7,33$.

$x.y = 80{,}02 \; ; \; 31^\circ{,}9$
$(x+20)y = 175{,}96 \; ; \; 31{,}0$
Werth für y bei $31^\circ = 4{,}7$.

$x.y = 56{,}82 \; ; \; 64^\circ{,}9$
$(x+20)y = 117{,}37 \; ; \; 66{,}1$
$(x+40)y = 177{,}01 \; ; \; 67{,}5$
Mittel für y bei $66^\circ{,}4 = 3{,}12$.

Leitungswiderstand einer Mischung von 216,359 Th. der vorigen Lösung ***A*** **mit 123,350 Th. Wasser.**

$x.y = 266{,}37 \; ; \; 0^\circ$
$(x+20)y = 568{,}65 \; ; \; 0$
$(x+40)y = 851{,}22 \; ; \; 0$
Mittel für y bei $0^\circ = 14{,}86$.

Dieselbe Mischung war früher bei 12° in einer anderen geraden Röhre untersucht worden; wird diese Messung auf die vorstehenden Einheiten reducirt, so kommt Mittel für y bei $12^\circ = 9{,}8$.

Leitungswiderstand einer Mischung von 108,693 Th. der Lösung ***A*** **mit 185,118 Th. Wasser.**

$x.y = 403{,}58 \; ; \; 0^\circ$
$(x+20)y = 860{,}90 \; ; \; 0$
Werth für y bei $0^\circ = 22{,}87$.

$x.y = 272{,}57 \; ; \; 11^\circ{,}0$
$(x+20)y = 580{,}91 \; ; \; 11{,}0$
$(x+40)y = 865{,}01 \; ; \; 11{,}2$
Mittel für y bei $11^\circ = 15{,}16$.

$x.y = 181{,}81 \; ; \; 26^\circ{,}4$
$(x+20)y = 403{,}58 \; ; \; 25{,}0$
$(x+40)y = 638{,}02 \; ; \; 22{,}9$
Mittel für y bei $25^\circ = 10{,}5$.

$x+y = 123{,}00 \; ; \; 67^\circ{,}7$
$(x+20)y = 264{,}63 \; ; \; 68{,}9$
$(x+40)y = 402{,}15 \; ; \; 65{,}4$
Mittel für y bei $67^\circ{,}4 = 7{,}1$.

Leitungswiderstand einer ziemlich concentrirten Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd; die Lösung reagirte noch schwach sauer.

$x.y = 88{,}00 \; ; \; 0^\circ$
$(x+20)y = 185{,}92 \; ; \; 0$
$(x+40)y = 283{,}30 \; ; \; 0$
Mittel für y bei $0^\circ = 4{,}89$.

$x.y = 57{,}58 \; ; \; 11^\circ{,}5$
$(x+20)y = 123{,}00 \; ; \; 11{,}5$
$(x+40)y = 188{,}41 \; ; \; 11{,}4$
Mittel für y bei $11^\circ{,}5 = 3{,}27$.

$x.y = 36{,}82 \; ; \; 26^\circ{,}6$
$(x+20)y = 83{,}16 \; ; \; 25{,}0$
$(x+40)y = 133{,}42 \; ; \; 23{,}2$
Mittel für y bei $25^\circ = 2{,}18$.

$x.y = 18{,}41 \; ; \; 65^\circ{,}3$
$(x+20)y = 39{,}34 \; ; \; 67{,}2$
$(x+40)y = 59{,}37 \; ; \; 68{,}2$
Mittel für y bei $67^\circ{,}2 = 1{,}64$.

Leitungswiderstand einer concentrirten Lösung von Kupferchlorid; (sie enthielt aber auch etwas Chlorür, und die ziemlich hellgrüne Flüssigkeit färbte sich beim Hindurchleiten des elektrischen Stromes dunkler; die Kupferplatten, welche zur Hineinleitung des Stromes dienten, waren nach jedem Versuche stark angegriffen). Spec. Gewicht $=1,2$.

$x.y=83,6$; 0°	$x.y=66,33$; 10° (od. 9°)
$(x+20)y=173,18$; 0	$(x+20)y=123,00$; 10 (od. 9)
$(x+40)y=260,80$; 0	$(x+40)y=181,81$; 10 (od. 9)
Mittel für y bei 0°$=4,47$.	Mittel für y bei 10°$=2,86$.

Leitungswiderstand einer gesättigten Lösung *B* von käuflichem Zinkvitriol (durch Auflösen von Zinkvitriol bei der Temperatur des Zimmers von 12°).

$x.y=226,19$; 0°	$x.y=151,48$; 9°,6
$(x+20)$ $=488,63$; 0	$(x+20)y=322,56$; 9 ,8
$(x+40)$ $=745,62$; 0	$(x+40)y=489,68$; 10 ,0
Mittel für y bei 0°$=13,05$.	Mittel für y bei 9°,8$=8,62$.
$x.y=79,29$; 28°,9	$x.y=41,11$; 65°,9
$(x+20)y=175,96$; 27 ,4	$(x+20)y=85,18$; 67 ,4
$(x+40)y=287,43$; 25 ,8	$(x+40)y=128,77$; 68 ,3
Mittel für y bei 27°,4$=4,55$.	Mittel für y bei 67°,4$=2,29$.

Leitungswiderstand einer etwas weniger concentrirten Zinklösung von spec. Gew. 1,122.

$x.y=189,75$; 0°	$x.y=116,33$; 13°,1
$(x+20)y=394,21$; 0	$(x+20)y=249,70$; 13 ,05
$(x+40)y=607,52$; 0	$(x+40)y=382,66$; 13 ,05
Mittel für y bei 0°$=10,33$.	Mittel für y bei 13°,1$=6,66$.

Leitungswiderstand einer Mischung *C* aus 71,431 Th. der gesättigten Lösung *B* und 115,677 Th. Wasser; sie war weniger concentrirt als die vorige.

$x.y=228,28$; 0°	$x.y=157,33$; 10°,8
$(x+20)y=489,68$; 0	$(x+20)y=331,50$; 11 ,1
$(x+40)y=745,62$; 0	$(x+40)y=502,42$; 11 ,4
Mittel für y bei 0°$=13,00$.	Mittel für y bei 11°,1$=8,82$.
$x.y=96,99$; 29°,7	$x.y=61,39$; 64°,0
$(x+20)y=212,23$; 28 ,8	$(x+20)y=130,35$; 65 ,1
$(x+40)y=327,67$; 27 ,9	$(x+40)y=198,91$; 65 ,8
Mittel für y bei 28°,8$=5,57$.	Mittel für y bei 65°,1$=3,51$.

Bei diesen letzten Versuchen (bei 65°) fanden sich einige grofse Blasen einer Gasart unter den Elektroden.

Leitungswiderstand einer Mischung aus 43 Th. der Lösung C mit 68,027 Wasser.

$x.y = 436{,}0$; 0°	$x.y = 283{,}30$; 13°,1
$(x+10)y = 692{,}07$; 0	$(x+20)y = 611{,}63$; 13 ,2
$(x+20)y = 927{,}13$; 0	$(x+40)y = 931{,}24$; 13 ,3
Mittel für y bei 0° = 25,0.	Mittel für y bei 13°,2 = 16,30.
$x.y = 195{,}30$; 28°,6	$x.y = 125{,}08$; 66°,7
$(x+20)y = 425{,}72$; 29 ,2	$(x+20)y = 270{,}48$; 66 ,5
$(x+40)y = 656{,}65$; 28 ,6	$(x+40)y = 432{,}65$; 66 ,7
Mittel für y bei 29°,2 = 11,52.	Mittel für y bei 66°,7 = 7,45.

Bei der Einschaltung von $(x+40)y$ des letzten Versuchs fand starke Anhäufung von Blasen an den Elektroden statt; es möchte deshalb wohl der Werth für y aus dem ersten und zweiten Versuche $y = 7{,}22$ richtiger seyn.

Da ich die Temperatur der Flüssigkeiten nicht bis zum Siedpunkte des Wassers erhöhen konnte, so war es nicht möglich die Temperatur bei ungefähr 66° so constant zu halten, als ich es wünschte. Es finden sich deshalb etwas gröfsere Abweichungen, die jedoch 2°,1 nicht übersteigen; dadurch können allerdings geringe Unterschiede zwischen der Temperatur in der Röhre und in der umgebenden Flüssigkeit, in welcher sich das Thermometer befand, entstehen. Es ist die Aenderung der Leitungsfähigkeit für 1° R. aber bei höheren Temperaturen viel geringer als bei niederen, so dafs hier kleine Unrichtigkeiten in der Temperaturbestimmung einen weniger beträchtlichen Einflufs auf das Resultat ausüben.

Aus den oben angeführten Versuchen ergiebt sich, dafs der Leitungswiderstand der Flüssigkeiten durch die Erhöhung der Temperatur sehr bedeutend vermindert wird, dafs diese Verminderung aber der Temperaturveränderung nicht proportional geht, sondern dafs dieselbe für einen bestimmten Temperaturunterschied um so gröfser ist, je näher die Temperatur dem Nullpunkte ist. Uebrigens scheinen die verschiedenen Flüssigkeiten in diesen Veränderun-

gen einen ziemlich übereinstimmenden Gang darzubieten, und nur darin von einander abzuweichen, daſs diejenigen Lösungen, welche eine gröſsere Menge der Salze aufgelöst enthalten, auch eine gröſsere Aenderung in ihrer Leitungsfähigkeit für dieselben Temperaturunterschiede erleiden. So ändert sich der Leitungswiderstand des salpetersauren Kupferoxyds, und besonders der ganz gesättigten Lösung des schwefelsauren Zinkoxyds mehr als der Widerstand der Kupfervitriollösung und der weniger concentrirten Zinklösungen, und der Widerstand der letzteren wieder mehr als der Widerstand der sehr verdünnten Kupfervitriollösung.

Die Aenderungen, welche in dem Leitungswiderstande der Flüssigkeiten eintreten, sind viele Male gröſser als die durch dieselben Temperaturerhöhungen bei den Metallen erzeugten. Da die letzteren für die verschiedenen Metalle sehr verschieden sind, so fragt es sich, ob die nahe Uebereinstimmung, die sich bei den hier angewandten Kupfer- und Zinksalzen zeigt, auch bei der Untersuchung, z. B. der Kali- und Natronsalze, oder der Säure und Alkalien stattfinden werde.

Die gröſseren Veränderungen, welche sich in den concentrirten Lösungen zeigen, hängen wohl mit einer Erscheinung zusammen, die sich bei den Versuchen mit dem Zinkvitriol sehr deutlich ausspricht, wenn wir z. B. die Leitungswiderstände der verschiedenen Lösungen mit einander vergleichen. Die gesättigte Lösung hat den Widerstand 13,00, eine weniger concentrirte 10,33, eine weiter verdünnte 13,00, und eine noch mehr verdünnte 25,00. Es nimmt also bei der Verdünnung der gesättigten Lösung mit Wasser der Leitungswiderstand erst ab, und dann wieder zu. Es muſs die gesättigte Lösung mit mehr als der anderthalbfachen Gewichtsmenge Wasser vermischt werden, ehe der Leitungswiderstand wieder bis zu dem Widerstande der gesättigten Lösung erhöht wird. Die gesättigte Lösung zeigt sich sehr schwerflüssig, und namentlich bei niederen Temperaturen möchte ich sie fast zähflüssig nennen. Durch die Erwärmung verliert sich aber dieser Zustand zum Theil,

und damit tritt zugleich eine so aufserordentlich starke Verringerung des Widerstandes ein, wie sie keine andere der untersuchten Flüssigkeiten darbietet.

Es steht diese Erscheinung, dafs eine concentrirte Zinklösung schlechter leitet als eine verdünnte, nicht isolirt, denn z. B. die Schwefelsäure verhält sich ganz eben so; die concentrirte Schwefelsäure leitet schlechter als eine mäfsig verdünnte. Aber auch in diesem Falle ist die concentrirte Säure sehr dickflüssig.

Wenn es nun in den Flüssigkeiten nur eine Leitung giebt, in sofern dieselben zersetzbar sind, so erklärt sich die eben erwähnte Erscheinung; durch den schwerflüssigen Zustand ist die Beweglichkeit der Theilchen und hiedurch die Zersetzbarkeit derselben gehemmt. Je mehr aber diese Zersetzbarkeit gehemmt wird, um so gröfser ist der Widerstand, den die Theilchen dem Durchgange des elektrischen Stroms entgegenstellen, der eben nur in so weit geleitet wird, als er die Flüssigkeitstheilchen zersetzt.

Deshalb ist es mir nicht unwahrscheinlich, dafs der Einflufs der Wärme auf die Leitungsfähigkeit bei verschiedenen wäfsrigen Lösungen nahe derselbe ist, und nur noch Modificationen erleidet in Folge der Aenderung des Flüssigkeitsgrades, wodurch eine concentrirtere Lösung, da ihre Theilchen in der Wärme beweglicher werden, auch um so viel besser leitet.

VII. *Magnetische Intensitätsbestimmungen; von Chr. Langberg.*

Die in dem Folgenden mitgetheilten Beobachtungen über die horizontale magnetische Intensität an verschiedenen Orten Europa's wurden auf einer, in den Jahren 1843 und 1844 vorgenommenen Reise mittelst des bekannten, für den Reisenden äufserst bequemen Schwingungsapparats von Han-

steen, und eines Chronometers von Arnold ausgeführt. Der Schwingungsapparat war kurz vor meiner Abreise von Christiania von einem beinahe dreijährigen Aufenthalte in Newfoundland zurückgekommen, und der dem Apparate zugehörige magnetische Stahlcylinder hatte sich, wie aus den folgenden Beobachtungen erhellt, als sehr constant gezeigt, da die Schwingungszeit kaum eine halbe Secunde abgenommen hatte auf 1118″,4, die Zeit von 300 Schwingungen dieses Cylinders hier in Christiania im Jahre 1839. Eine sorgfältige Vergleichung zwischen der Schwingungszeit des Cylinders und dem gleichzeitigen Stande des Bifilar-Magnetometers im hiesigen magnetischen Observatorium vor meiner Abreise und nach meiner Rückkunft, die Hr. Hansteen die Güte hatte auszuführen, hat gezeigt, dafs sich das magnetische Moment des Cylinders auch in dieser Zwischenzeit nur sehr wenig verändert hat, nämlich nur 2″ auf einer Schwingungszeit von 1120″, eine Abnahme, die so gering ist, dafs man sie ohne merkbaren Fehler wohl proportional mit der Zeit annehmen kann. Ich habe übrigens auf der Reise selbst Gelegenheit gehabt, die Unveränderlichkeit des Cylinders zu controliren sowohl in München als in Prag, theils durch angestellte absolute Intensitätsbestimmungen, theils durch Vergleichung mit dem gleichzeitigen Stande des Bifilar-Magnetometers in den dortigen magnetischen Observatorien.

Die Beobachtungen selbst sind nach der von Hansteen angegebenen Methode angestellt worden [1]). Jedesmal sind nämlich 390 Schwingungen des magnetischen Cylinders beobachtet, und die Zeit nach dem Chronometer bei dem Anfange jeder 10. Schwingung, bis der 390., aufgezeichnet worden; darauf ist der Unterschied genommen zwischen den beobachteten Chronometerzeiten bei den Schwingungen 0 und 300, 10 und 310 u. s. w. bis 90 und 390; von den auf diese Weise gefundenen zehn Zeitunterschieden ist dann ein Mittel berechnet, und dadurch der uncorrigirte Werth der Zeit von 300 Schwingungen erhalten.

1) *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*, 3. Bd., S. 96 u. f.

Die Reduction auf unendlich kleine Schwingungsbogen ist nach den von Hansteen gegebenen Formeln berechnet [1]). Hat man nämlich $p+1$ Werthe von n Schwingungen dadurch erhalten, dafs man den Unterschied zwischen den beobachteten Uhrzeiten bei den Schwingungen 0 und n, 10 und $n+10$ u. s. w. bis $10p$ und $n+10p$ genommen, so berechnet man hieraus das Mittel:

$$\frac{1}{p+1}\Sigma T'.$$

Bedeutet e_0 die Gröfse des Schwingungsbogens beim Anfange der Beobachtungen, und ist:

$$e_\nu = \tfrac{1}{2} e_0,$$

wo folglich ν die Schwingung bedeutet, bei welcher die Elongation bis auf die Hälfte desjenigen Werthes e_0 abgenommen hat, den es zu Anfang der Beobachtungen hatte; setzt man ferner:

$$\log h = \frac{1}{\nu} \log(\tfrac{1}{2}) = -\frac{1}{\nu} \log 2,$$

und:

$$\tfrac{1}{2} \cdot \frac{1+h^2}{1-h^2} = A \quad \tfrac{11}{4} \cdot \frac{1+h^4}{1-h^4} = B$$

$$\frac{1-h^{2n}}{1-h^{20}}(1-h^{20(p+1)}) = P \quad ; \quad \frac{1-h^{4n}}{1-h^{40}}(1-h^{40(p+1)}) = Q,$$

so ist:

$$\frac{1}{p+1}\Sigma T' = T\left[1 + \frac{1}{n(p+1)} A.P\left(\frac{e_0}{4}\right)^2 + \frac{1}{n(p+1)} B\,Q\left(\frac{e_0}{4}\right)^4 + \ldots\right]$$

In dieser Formel ist also T' die unmittelbar beobachtete, T die auf verschwindende Bogen reducirte Zeit von n Schwingungen. In unserem Falle ist also $p=9$, $n=300$, also:

$$P = \frac{1-h^{600}}{1-h^{20}}(1-h^{200}) \quad ; \quad Q = \frac{1-h^{1200}}{1-h^{40}}(1-h^{400}),$$

folglich:

$$\log T = \log \tfrac{1}{10} . \Sigma T' - \log\left[1 + \tfrac{1}{3000} A.P\left(\frac{e_0}{4}\right)^2 + \tfrac{1}{3000} B\,Q\left(\frac{e_0}{4}\right)^4 + \right]$$

$$= \log \tfrac{1}{10} \Sigma T' - \frac{m\;A.P}{3000}\left(\frac{e_0}{4}\right)^2 - \frac{m\,B\,Q}{3000}\left(\frac{e_0}{4}\right)^4 - \text{u. s. w.},$$

---

1) *l. c.* S. 99, Formel B.

in welcher Formel m der Modulus des Brigg'schen Logarithmensystems bezeichnet.

Die Anfangs-Elongation e_0 war bei allen meinen Beobachtungen nach den Umständen entweder 30° oder 20°. Für diese beiden Elongationen und für verschiedene Werthe von r habe ich die entsprechenden Werthe des obigen Reductionslogarithmen berechnet; sie sind in folgender Tabelle enthalten, wo die Zahlen, eine Rechnung mit fünfzifferigen Logarithmen vorausgesetzt, als Einheiten der fünften Decimale von der $log \frac{1}{10} \Sigma T'$ zu nehmen sind.

r.	$e_0 = 30°$.	$e_0 = 20°$.
120	−131	−58
130	−145	−64
140	−160	−71
150	−173	−77
160	−186	−82
170	−199	−88
180	−211	−93
190	−223	−99

Die Temperatur des Schwingungsapparats wurde zu Anfange und zu Ende jeder Beobachtungsreihe aufgezeichnet. Ist Θ das Mittel dieser beiden Temperaturen, und T die Zeit von n Schwingungen ($=nt$) bei der Normaltemperatur τ, so ist:

$$log\, T = log\,(nt) - 14.9\,(\Theta^0 - \tau^0),$$

wo der Subtractor gleichfalls in Einheiten der fünften Decimalstelle ausgedrückt ist. Die bei allen meinen Beobachtungen angenommene Normaltemperatur τ ist gleich $+7°{,}5$ R.

Ist ferner a Secunden die tägliche *Acceleration* des Chronometers gegen mittlere Zeit, so mufs man, um die beobachtete Schwingungszeit auf mittlere Sonnenzeit-Secunden zu reduciren, $log\, T' - \frac{1}{2}a$, statt $log\, T'$ nehmen, wo die Correction $\frac{1}{2}a$, wie früher, in Einheiten der fünften Decimalstelle ausgedrückt ist.

Der magnetische Cylinder war an einem einfachen Coconfaden aufgehängt, dessen Torsion wohl als ohne merkbaren Einflufs auf die Schwingungsdauer angesehen wer-

den kann; jedenfalls hat sie keinen Einflufs auf die Gröfse der gefundenen relativen oder absoluten Intensitäten, da während der ganzen Reise immer dasselbe Aufhängungsfilament benutzt wurde, und die Torsion folglich, wenn sie auch merkbar wäre, doch bei allen Beobachtungen dieselbe Gröfse behielt.

Um das magnetische Moment des Schwingungscylinders zu bestimmen, wurde von Prof. Hansteen im Garten des Observatoriums zu Christiania mehrmals dessen Schwingungsdauer beobachtet, und er fand die Zeit von 300 Schwingungen:

1839.	April 7.	2h 3' Nachm.	T =	1118",6
	Mai 26.	11 23 Vorm.		1118 ,6
	- -	6 51 Nachm.		1117 ,9
			Mittel	1118",37

vor der Absendung des Apparats nach Newfoundland.

1843. Mai 6.	0h 30' Nachm.	T = 1118",25	vor meiner Abreise,
1845. Novbr. 15.	11 40 Vorm.	1120 ,26	nach mein. Rückkunft.

Das magnetische Moment des Cylinders ist also ziemlich unverändert geblieben, da sich die Schwingungsdauer in einer Zwischenzeit von mehr als 6 Jahren nur 2" auf 1120" verändert hat, wenn man den unbedeutenden Zuwachs der horizontalen magnetischen Kraft der Erde aufser Betracht setzt.

Nennt man H die horizontale Intensität in absoluten Einheiten nach Gaufs, T die Zeit von 300 Schwingungen (reducirt auf eine bestimmte Normaltemperatur und verschwindend kleine Bogen), α den Inductionscoëfficient für meinen magnetischen Cylinder, oder den Correctionsfactor des durch die inducirende Kraft der Erde veränderten magnetischen Moments des Schwingungscylinders, so ist, wie bekannt:

$$H = \frac{C}{T^2} - \alpha H^2,$$

in welcher Formel C eine von dem magnetischen Momente des Cylinders abhängige Gröfse bezeichnet, die constant ist, so lange dieses Moment sich nicht ändert. Während

meines Aufenthalts in München im Jahre 1844 bestimmte ich, unter gefälliger Mitwirkung des Hrn. Lamont, den Inductionscoëfficienten α für meinen Cylinder durch drei verschiedene Beobachtungen, und fand:

$$\alpha = 0{,}0026601.$$

Zur Bestimmung der Constanten C wurde im hiesigen Observatorium den 6. Mai 1843 und 15. November 1845 gleichzeitig mit den Schwingungsbeobachtungen der Stand des Bifilar-Magnetometers jede fünfte Minute aufgezeichnet, und zugleich wurde von Prof. Hansteen beide Mal eine absolute Intensitätsbestimmung ausgeführt, so dafs ich wohl annehmen kann, dafs der hierdurch gefundene Werth der Constanten C sehr zuverlässig ist. Es war:

6. Mai 1843. $T = 1118'',25$, $H = 1{,}5509$, $\log C = 6{,}28945$
15. Nvbr. 1845. $T = 1120\ ,26$, $H = 1{,}5538$, $\log C = 6{,}29182$
Aenderung von $\log C$ in 924 Tagen = 237.

Da diese Aenderung von $\log C$ einer Aenderung von $H = 85$, oder nur 0,0054 der ganzen Kraft entspricht für eine Periode von 924 Tagen oder mehr als $2\frac{1}{2}$ Jahre, so kann man wohl ohne merkbaren Fehler die Aenderung proportional mit der Zeit annehmen, wonach für n Tagen nach dem 6. Mai 1843:

$$\log C = 6{,}28945 + \frac{237}{924}\, n = 6\,,28945 + n\,.\,0{,}256,$$

in welchem Ausdruck die Correction $0{,}256\,n$ als Einheiten der fünften Decimalstelle des $\log C$ zu nehmen ist.

Als Beispiel der Beobachtungs- und Reductionsmethode mag folgende Beobachtung in München am 23. August 1844 angeführt werden:

Anfang $11^h\,24'\,28''$ Münchener Zeit. Temp. $+13^\circ{,}0 = \Theta'$
Ende $11\ \ 46\ \ 24$ - - - $+13\ ,0 = \Theta''$

$$n = 475 \quad e_0 = 30^\circ \quad a = -11'',4 \quad \log C = 6{,}28945 + 122$$
$$= 6{,}29067\ ,\ r = 204\ ,\ \frac{\Theta' + \Theta''}{2} = 13^\circ{,}0\ ,\ \Theta^0 - \tau^0 = 5^\circ{,}5.$$

Unterschied zwischen				Zeit von 300 Schwingungen.
der	0ten und	300sten	Schwing.	16' 50",6
-	10	- 310	-	50 ,1
-	20	- 320	-	49 ,6
-	30	- 330	-	49 ,2
-	40	- 340	-	48 ,8
-	50	- 350	-	48 ,2
-	60	- 360	-	48 ,0
-	70	- 370	-	47 ,6
-	80	- 380	-	47 ,2
-	90	- 390	-	46 ,9
			Mittel	1008",62 = T'

$$\log T' = 3{,}00373$$
$$\text{für } r = 204 \qquad -239$$
$$\Theta - \tau = 5^0{,}5 \qquad -81$$
$$-\tfrac{1}{2}a \qquad = +6$$
$$\log T = 3{,}00059 \qquad T = 1001'',36$$
$$2 \log T = 6{,}00118$$
$$\log C = 6{,}29067$$
$$0{,}28949 = \log 1{,}9476$$
$$\alpha H^2 = 100$$
$$H = 1{,}9376.$$

Kopenhagen

an der Holkens Bastion, unweit dem magnetischen Observatorium. 1843, c. 17. Juli.

I.

Anfang $2^h 14'\tfrac{1}{2}$ Nachm., Ende $2^h 32'$ Nachm. [1]) Götting. Zeit. $n=72$, $a=-39'',2$, $r=125$, $\Theta=+18^\circ,2-18^\circ,0$, $e_0=30^\circ$. Die Beobachtung wurde wegen des starken Windes unterbrochen, und war im Ganzen weniger gut, so dafs nur 300 Schwingungen beobachtet wurden. Die unreducirte Zeit von 200 Schwingungen wurde gleich 728",84 gefunden, und hieraus die reducirte Zeit von 300 Schwingungen:

$$T=1084'',95\ ,\ \log C=6{,}28777\ ,\ H=1{,}6476.$$

II.

19. Juli. Anfang $10^h 31'$ Vorm., Ende $10^h 54'\tfrac{1}{2}$.
$n=74$, $a=-39'',2$, $r=115$, $\Theta=16^\circ,5-16^\circ,2$, $e_0=30^\circ$

$$T'=1089'',98\ ,\ T=1084'',05\ ,\ H=1{,}6503.$$

1) Die Beobachtungszeiten sind stets in Göttinger mittlerer Zeit angegeben.

III.

19. Juli. Anfang $11^h\ 6'$, Ende $11^h\ 29'$ Vorm.

$r=135$, $\Theta=16^\circ-16^\circ,1$, $e_0=20^\circ$

$T'=1086'',99$, $T=1082'',63$, $H=1,6547$.

Das Mittel von diesen drei Beobachtungen giebt also die absolute horizontale Intensität $H=1,6508$, was sehr gut mit den von Hansteen an derselben Stelle angestellten Beobachtungen stimmt; er fand nämlich [1]):

1839.	Mitte Juli	$H=1,6503$
1840.	Ende Juli	1,6517

London.

1843. August 13. Hyde-Park.

I.

Anfang $1^h\ 4'$, Ende $1^h\ 28'$ Nachm.

$n=99$, $a=-15'',2$, $r=165$, $\Theta=16^\circ,7-16^\circ,8$, $e_0=30^\circ$

$T'=1071'',12$, $T=1063'',19$, $H=1,7160$.

II.

Anfang $1^h\ 4'$, Ende $1^h\ 28'$ Nachm.

$r=158$, $\Theta=17^\circ,0-16^\circ,9$, $e_0=30^\circ$

$T'=1071'',80$, $T=1063'',68$, $H=1,7144$.

III.

1843. September 6. An demselben Orte.

Anfang $0^h\ 46'\frac{1}{2}$, Ende $1^h\ 10'$ Nachm.

$n=123$, $a=-16''$, $r=180$, $\Theta=18^\circ,0-18^\circ,8$, $e_0=30^\circ$

$T'=1071'',81$, $T=1062'',84$, $H=1,7173$.

IV.

Kensington-Gardens, etwas westlich von dem vorigen Orte.

6. September. Anfang $1^h\ 56'\frac{1}{2}$ Nachm., Ende $2^h\ 20'$.

$r=135$, $\Theta=18^\circ,9-16^\circ,5$, $e_0=30^\circ$

$T'=1071'',08$, $T=1063'',77$, $H=1,7143$.

Das Mittel aus diesen vier Beobachtungen giebt also die absolute Intensität in London im August und September 1844 gleich 1,7155.

1) *Nyt Mag. for Naturvidenskaberne*, Bd. 3, S. 245; — und Gaufs und Weber's Resultate.

Cork in Irland.

1843. August 24. Beaumont-House; in freiem Felde.

I.

Anfang $0^h\,21'\frac{1}{4}$ Nachm., Ende $0^h,45'$.

$n = 110$, $a = -15'',2$, $r = 157$, $\Theta = 15^\circ,8 - 16^\circ,6$, $e_0 = 30^\circ$

$T' = 1093'',67$, $T = 1086'',02$, $H = 1,6450$.

Diese Beobachtung war weniger gut als die folgende.

II.

An demselben Orte. Anf. $4^h\,22'$ Nachm., Ende $4^h\,45'\frac{1}{2}$.

$r = 135$, $\Theta = 16^\circ,2 - 15^\circ,0$, $e_0 = 30^\circ$

$T' = 1091'',37$, $T = 1084'',72$, $H = 1,6489$.

Brüssel. 29. September 1843.

Im magnetischen Observatorium des Hrn. Quetelet, wo damals keine anderen Instrumente aufgestellt waren.

I.

Anfang $0^h\,0'$, Ende $0^h\,24'$ Nachm.

$n = 146$, $a = -12'',7$, $r = 175$, $\Theta = 10^\circ,2 - 9^\circ,0$ $e_0 = 30^\circ$

$T' = 1053'',58$, $T = 1048'',26$, $H = 1,7654$.

II.

Anf. $0^h\,37'$, Ende $1^h\,0$. $r = 185$, $\Theta = 9^\circ,0 - 8^\circ,8$, $e_0 = 30^\circ$

$T' = 1053'',59$, $T = 1047'',97$, $H = 1,7664$.

III.

Anf. $1^h\,21'$, Ende $1^h\,45'$. $r = 180$, $\Theta = 8^\circ,6 - 8^\circ,9$, $e_0 = 30^\circ$

$T' = 1053'',35$, $T = 1047'',95$, $H = 1,7665$.

IV.

Anf. $2^h\,10'$, Ende $2^h\,32'\frac{1}{2}$. $r = 190$, $\Theta = 8^\circ,9 - 9^\circ,0$, $e_0 = 20^\circ$

$T' = 1050'',67$, $T = 1047'',92$, $H = 1,7665$.

V.

Anf. $3^h\,5'$, Ende $3^h\,27'\frac{1}{2}$. $r = 190$, $\Theta = 9^\circ,0 - 9^\circ,1$, $e_0 = 20^\circ$

$T' = 1050'',03$, $T = 1047'',22$, $H = 1,7689$.

Das Mittel dieser fünf sehr gut übereinstimmenden Resultate giebt also die absolute horizontale Intensität in Brüssel am 29. September 1843:

$H = 1,7667$.

Pa-

Paris.

I.

1843. November 9. Im freien Felde, Champs-Elysées.

Der Gang des Chronometers ist nicht ganz sicher; bei Vergleichung mit dem Pendel des Observatoriums zu Brüssel am 2. October und zu Paris am 13. December wurde die tägliche Retardation gleich 4″,5 gefunden.

Anf. $3^h 16'$, Ende $3^h 38'$ Nachm. $n=187$, $a=-4'',5$, $r=165$
$\Theta=5°,0-4°,3$, $e_0=30°$, $T'=1031'',63$, $T=1028'',11$
$H=1,8354$.

II.

1844. Mai 9. Im magnetischen Pavillon des Hrn. Arago, im Garten des Pariser Observatoriums.

Anfang $1^h 38'\frac{1}{2}$, Ende $2^h 1'$ Nachm.
$n=369$, $a=+3'',6$, $r=185$, $\Theta=18°,2-19°,2$, $e_0=30°$
$T'=1036'',38$, $T=1027'',24$, $H=1,8405$.

III.

Anf. $2^h 16'\frac{1}{2}$, Ende $2^h 39'$. $r=188$, $\Theta=19°,1-19°,0$, $e_0=30°$
$T'=1035'',96$, $T=1026'',62$, $H=1,8427$.

IV.

Anf. $2^h 43'\frac{1}{2}$, Ende $2^h 55'$ Nachm. $r=165$, $\Theta=19°,0-19°,1$
$e_0=20°$.

Es wurden nur 200 Schwingungen beobachtet, und hieraus berechnet:

$T=1027'',0$, $H=1,8406$.

1844. Mai 14. An demselben Orte.

V.

Anf. $11^h 5'$, Ende $11^h 27'\frac{1}{2}$ Vorm. $n=374$, $a=+3'',6$, $r=170$
$\Theta=15°,2-15°,6$, $e_0=30°$, $T'=1034'',83$, $T=1027'',30$
$H=1,8404$.

VI.

Anf. $11^h 39'\frac{1}{2}$, Ende $0^h 0'$ Vorm. $r=172$, $\Theta=15°,8-16°,0$
$e_0=30°$, $T'=1035'',10$, $T=1027'',30$, $H=1,8403$.

VII.

Anf. $0^h 29'$, Ende $0^h 51'\frac{1}{2}$ Nachm. $r=170$, $\Theta=16°,0-16°,5$
$e_0=30°$, $T'=1034'',86$, $T=1026'',97$, $H=1,8415$.

VIII.

Anf. $1^h 17'$, Ende $1^h 39'$. $r=180$, $\Theta=16°,8-17°,7$, $e_0=30°$
$T'=1035'',90$, $T=1027'',40$, $H=1,8400$.

IX.

Anf. $5^h 52'$, Ende $6^h 14'\frac{1}{2}$. $r=185$, $\Theta=17°,9-18°,2$, $e_0=30°$
$T'=1035'',59$, $T=1026'',67$, $H=1,8426$.

X.

Anf. $6^h 29'$, Ende $6^h 51'$. $r=180$, $\Theta=17°,9-17°,9$, $e_0=30°$
$T'=1035'',12$, $T=1026'',38$, $H=1,8436$.

XI.

Anf. $7^h 13'\frac{1}{2}$, Ende $7^h 36'$. $r=180$, $\Theta=17°,7-17°,5$, $e_0=30°$
$T'=1035'',43$, $T=1026'',80$, $H=1,8421$.

In der Regelmäfsigkeit, womit die gefundenen Werthe der Intensität von den Vormittags- zu den Nachmittagsbeobachtungen zunehmen, sieht man deutlich die Wirkung der regelmäfsigen täglichen Variationen. Da nun das Minimum der horizontalen Intensität Vormittags zwischen 10 und 12 Uhr, das Maximum Abends um 8 oder 9 Uhr stattfindet, so wird also die Intensität aus allen Beobachtungen, die vor ein oder zwei Uhr Nachmittags gemacht worden sind, *unter*, aus den später angestellten *über* dem täglichen Mittel gefunden. Das Mittel dieser beiden Werthe wird daher als die mittlere Intensität des Tages angesehen werden können, befreit von dem Einflufs der täglichen regelmäfsigen Aenderungen. Da der Längenunterschied zwischen Paris und Göttingen gleich 30′ 25″ ist, so werden also alle, von I bis VIII, angeführten Beobachtungen zu der ersten, die drei folgenden zu der zweiten Gruppe gehören, und man findet aus den Beobachtungen vor 2 Uhr Nachmittags:

am 9. Mai $H=1,8405$
1,8427
1,8406
Mittel $H=1,8413$

am 14. Mai $H=1,8404$
1,8403
1,8415
1,8405
Mittel $H=1,8405$

und aus den Beobachtungen nach 2 Uhr Nachmittags:

am 14. Mai $H = 1,8426$
1,8436
1,8421
Mittel 1,8427.

Das Mittel aus beiden Gruppen giebt also für die absolute horizontale Intensität in Paris Mitte Maimonats 1844:

$$H = 1,8418.$$

Brüssel. Den 28. Mai 1844.

In dem magnetischen Pavillon des Hrn. Quetelet, an demselben Orte wie früher.

I.

Anfang $1^h\, 51'$, Ende $2^h\, 15'$ Nachm.

$n = 388$, $a = -5^0,1$, $r = 184$, $\Theta = 10^0,8 - 10^0,2$, $e_0 = 30^0$

$T' = 1052'',99$, $T = 1046'',72$, $H = 1,7731$.

II.

Anf. $2^h\, 24'$, Ende $2^h\, 47'$ Nachm. $r = 185$, $\Theta = 10^0,1 - 10^0,1$

$e_0 = 30^0$, $T' = 1053'',50$, $T = 1047'',34$, $H = 1,7709$.

III.

Anf. $3^h 5'$, Ende $3^h 28'$. $r = 184$, $\Theta = 10^0,0 - 10^0,1$, $e_0 = 30^0$

$T' = 1052'',82$, $T = 1046'',77$, $H = 1,7729$.

IV.

Anf. $3^h\, 36'$, Ende $3^h\, 59'$. $r = 185$, $\Theta = 10^0,1 - 10^0,1$, $e_0 = 30^0$

$T' = 1053'',25$, $T = 1046'',86$, $H = 1,7726$.

Hr. Quetelet hatte die Güte, gleichzeitig mit obigen Beobachtungen den Stand des Bifilar-Magnetometers jede fünfte Minute aufzuzeichnen, und der jeder dieser Beobachtungsreihen entsprechende mittlere Stand des Bifilars wurde gefunden:

während I. 6,38, II. 6,46, III. 6,58, IV. 6,49 Scalentheile.

Die Temperatur war die ganze Zeit constant, und gleich $57^0,9$ F. In den *Mémoires de l'academie de Bruxelles pour l'an* 1845, *p.* 36, hat Hr. Quetelet folgende Bemerkungen über sein Bifilar-Magnetometer gegeben:

»Die von dem Collimator angegebenen Zahlen wachsen mit der zunehmenden horizontalen Intensität. Jeder Scalentheil entspricht einem Bogen von $1',093$; der Corrections-

coëfficient für 1° F. Temperaturzunahme ist gleich $-0{,}102$ Scalentheile. Die absolute horizontale Intensität in Einheiten von Gaufs ausgedrückt, ist gleich:

$$X_0 + 0{,}000356\,n,$$

wo n die Scalentheile bedeutet. Hr. Lamont hat gegen das Ende des Jahres 1844 gefunden:

$$X_0 = 1{,}7547.\text{“}$$

Hienach würde also der zu dem Schmelzpunkte oder 0° C. reducirte Bifilarstand während meiner Beobachtungen seyn:

I. 3,74 , II. 3,82 , III. 3,94 , IV. 3,85.

Wird nun jede dieser Zahlen mit dem Coëfficienten 0,000356 multiplicirt, so hat man:

I.	$H = 1{,}7731$	$= X_0 + 0{,}0013$
II.	$1{,}7709$	$= X_0 + 0{,}0014$
III.	$1{,}7729$	$= X_0 + 0{,}0014$
IV.	$1{,}7726$	$= X_0 + 0{,}0014$
Mittel	$1{,}7724$	$= X_0 + 0{,}0014$

oder: $X_0 = 1{,}7710$

Nach Lamont ist aber $X_0 = 1{,}7547$

$-163.$

Den Grund dieses ziemlich bedeutenden Unterschieds zwischen dem von mir und von Lamont gefundenen Resultate kann ich nicht erklären, wenn nicht der Bifilar in der Zeit zwischen meinen und Hrn. Lamont's Beobachtungen eine Veränderung erlitten hat; denn einerseits stimmen meine obigen Beobachtungen sowohl unter einander, als mit den im vorigen Jahre angestellten zu gut, um den Grund des Unterschieds in möglicherweise von mir begangenen Beobachtungsfehlern zu suchen, andererseits habe ich, wie in dem Nachfolgenden gezeigt wird, später in München Gelegenheit gehabt, die mit meinem Apparate gefundene Intensität mit der durch die Apparate von Lamont gleichzeitig bestimmten direct zu vergleichen, und beide Bestimmungen sind so gut wie identisch.

Vergleicht man die nach meinen Beobachtungen für Paris und Brüssel gefundenen Intensitäten, so findet man für

letztgenannten Ort, wenn die Intensität in Paris $=1$ gesetzt wird:

am 29. September	1843	0,9591
28. Mai	1844	0,9622
	Mittel	$=$ 0,9606.

Dieses Resultat stimmt sehr gut mit der von anderen Beobachtern gefundenen relativen Intensität an beiden Orten. Nach dem *Annuaire de l'observ. de Bruxelles*, 1843, *p.* 248, ist nämlich die horizontale Intensität in Brüssel, wenn die in Paris als Einheit angenommen wird:

Jahr.	Intensität.	Beobachter.
1828	0,951	Sabine
1829	0,958	Quetelet
1830	0,970	- -
1831	0,961	Nicollet, Plateau und Quetelet
1832	0,971	Rudberg
1832	0,961	Forbes
1833	0,969	Quetelet
1837	0,960	Forbes
1838	0,969	Bache
1839	0,961	Quetelet
Mittel	$=$ 0,963.	

Die Beobachtungsstationen sind für alle diese Beobachtungen dieselben wie für meine, nämlich der magnetische Pavillon des Hrn. Arago in Paris, und der Garten des Observatoriums zu Brüssel. Man sieht, dafs die von mir gefundene relative Intensität sehr nahe gleich dem Mittel der aus allen diesen Beobachtungen abgeleiteten ist, was mir noch mehr verbürgt, dafs kein Beobachtungsfehler mich die Intensität gröfser als die von Lamont bestimmte hat finden lassen.

Bonn. 1844, Juni 3.

Im magnetischen Observatorium des Hrn. Argelander, woselbst noch keine Instrumente aufgestellt waren.

4.

Anfang 4^h 43′, Ende 5^h 6′ Nachm.

$n=394$, $a=-5''$, $r=170$, $\Theta=12^\circ,5+12^\circ,2$, $e_0=30^\circ$

$T'=1045'',44$, $T=1038'',99$, $H=1,7996$.

II.

Anf. $5^h 10'$, Ende $5^h 32' \frac{1}{2}$ Nachm. $r = 170$, $\Theta = 12^\circ,2 - 12^\circ,0$
$e_0 = 30^\circ$, $T' = 1045'',28$, $T = 1038'',91$, $H = 1{,}7998$.
Setzt man die gefundene Intensität in Paris $= 1$, so wird für Bonn die relative Intensität $= 0{,}9770$.

Quetelet hat gefunden 1830 und 1839 0,976
Forbes - - 1832 und 1837 0,979
Mittel $= 0{,}9775$, wie oben.

Tübingen. 1844, Juni 26.

Am Neckar, in der Promenadenanlage, gerade unterhalb des Schlosses. Centrum oscillirend wegen des ziemlich starken Windes.

I.

Anf. $4^h 11'$, Ende $4^h 32'$ Nachm. $n = 417$, $a = -6'',0$, $r = 165$
$\Theta = 17^\circ,3 - 17^\circ,5$, $e_0 = 30^\circ$, $T' = 1017'',54$, $T = 1009'',70$
$H = 1{,}9052$.

II.

Anf. $4^h 38'$, Ende $5^h 0'$ Nachm. $r = 175$, $\Theta = 17^\circ,5 - 17^\circ,1$
$e_0 = 30^\circ$, $T' = 1017'',83$, $T = 1009'',7$, $H = 1{,}9051$.

Bern. 1844, Juli 9.

Café du Mont, im Garten, unterhalb des Hauses.
Anfang $6^h 0'$, Ende $6^h 22'$ Nachm.
$n = 430$, $a = -9'',0$, $r = 170$, $\Theta = 14^\circ,5 - 14^\circ,0$, $e_0 = 30^\circ$
$T' = 1001'',62$, $T = 994'',83$, $H = 1{,}9624$.

Genf.

I.

1844. Juli 17. Im Festungsgraben, südlich von dem Observatorium.
Anfang $11^h 33'$, Ende $11^h 55'$ Vorm.
$n = 438$, $a = -13''$, $r = 135$, $\Theta = 23^\circ,0 - 22^\circ,1$, $e_0 = 30^\circ$
$T' = 997'',97$, $T = 989'',54$, $H = 1{,}9834$.

II.

Im Festungsgraben, etwa 100 Schritte von dem vorigen Orte.

Anf. $0^h 35'$, Ende $0^h 56' \frac{1}{2}$ Nachm. $r = 170$, $\Theta = 22^\circ,2 - 21^\circ,1$
$e_0 = 30^\circ$, $T' = 998'',36$, $T = 989'',12$, $H = 1,9851$.

III.

Juli 19. An demselben Orte. Anf. $2^h 28'$, Ende $2^h 49' \frac{1}{2}$ Nachm.

$a = -13''$, $r = 155$, $\Theta = 18^\circ,0 - 18^\circ,5$, $e_0 = 30^\circ$
$T' = 997'',42$, $T = 989'',83$, $H = 1,9823$.

Die absolute horizontale Intensität in Genf am 17. und 19. Juli 1844 wird also im Mittel $= 1,9836$ gefunden, oder gleich 1,0766, wenn die für Paris gefundene als Einheit angenommen wird. Gleichzeitig mit mir wurde auch die relative horizontale Intensität zu Genf von Hrn. Bravais beobachtet, und er fand sie, nach einer Mittheilung an Hrn. Quetelet [1]) gleich 1,075, also nur wenig kleiner als ich. Dagegen harmonirt meine Bestimmung sehr gut mit dem Mittel aus den von früheren Beobachtern gefundenen Werthen der relativen Intensität an demselben Orte. So fand [2])

Quetelet im J. 1830 und 1839		1,075
Forbes - - 1832 - 1837		1,076
Bache - - 1837 - 1838		1,086
Mdm Ainsworth		1,072
	Mittel	1,077.

Mailand. 1844, Juli 28.

Im freien Felde unmittelbar vor der Stadt, zwischen der Porta orientale und Porta Tosa.

I.

Anfang $0^h 48' \frac{1}{2}$, Ende $1^h 10'$ Nachm.
$n = 449$, $a = -13'',4$, $r = 185$, $\Theta = 21^\circ,5$, $21^\circ,5$, $e_0 = 30^\circ$
$T' = 986'',02$, $T = 976'',59$, $H = 2,0362$.

II.

Anfang $1^h 27'$, Ende $1^h 47' \frac{1}{2}$ Nachm.
$r = 180$, $\Theta = 21^\circ,4 - 21^\circ,7$, $e_0 = 30^\circ$
$T' = 986'',52$, $T = 977'',19$, $H = 2,0337$.

1) *Mémoires de l'académie de Bruxelles*, 1845, *p.* 41.

2) *l. c. T. XIII. Seconde mémoire sur le magnétisme terrestre en Italie par* Quetelet, *p.* 23.

Am 28. Juli war also die horizontale Intensität in Mailand gleich 2,0349. Dieses Resultat, welches sehr gut mit mehreren von Hrn. Kreil's absoluten Bestimmungen für denselben Ort harmonirt, ist dagegen bedeutend gröfser als das von Listing und Sartorius von Waltershausen gefundene. Aus dreizehn Beobachtungen, worunter zwei absolute Bestimmungen, haben nämlich diese Beobachter die Intensität in Mailand für November 1844 gleich 1,9716 abgeleitet[1]), ein Werth, der unter alle mir bekannten Intensitätsbestimmungen für diesen Ort fällt. Hr. Kreil hat nämlich gefunden[2]) durch viele absolute Bestimmungen:

October 1836	$H=2,01839$ (9 Observ.)
Mai, Juni, August 1837	2,02598 (10 Observ.)
April und October 1838	2,04231 (10 Observ.)
Mittel	$=2,02889$.

Setzt man die horizontale Intensität zu Paris $=1$, so geben die Beobachtungen[3]) von

Quetelet 1830 und 1839	1,114
Bache 1837 - 1838	1,111
Mdm Ainsworth	1,084
Mittel	$=1,103$.

Das Mittel aus diesen Beobachtungen ist nur wenig verschieden von dem aus meinen Beobachtungen für diese relative Intensität gefundenen Werthe 1,1047.

Venedig.

1844. August 8. St. Nicolo de Lido, unweit des jüdischen Begräbnifsplatzes.

I.

Centrum oscillirend wegen des starken Windes.

Anfang $2^h\ 28'$, Ende $2^h\ 49'\frac{1}{2}$ Nachm.

$$n=460\ ,\ \alpha=+18'',4\ ,\ r=190\ ;\ \Theta=22^\circ,5-22^\circ,7\ ,\ e_0=30^\circ$$
$$T'=979'',09\ ;\ T=969'',22\ ;\ H=2,0673.$$

1) Gaufs und Weber's Resultate, 1840.

2) *Osservationi sull' Intensitá della forza magnetica etc., Milano, p.* 5.

3) Quetelet, *l. c. p.* 21

II.

Nicht weit von dem vorigen Orte, aber mehr vor dem Winde geschützt.

Anfang $3^h 23' \frac{1}{2}$, Ende $3^h 44' \frac{1}{2}$ Nachm.

$r = 185$, $\Theta = 23^\circ{,}3 - 24^\circ{,}1$, $e_0 = 30^\circ$

$T' = 979''{,}35$, $T = 969''{,}24$, $H = 2{,}0672$.

Im Mittel ist also $H = 2{,}0672$, oder wenn die Intensität zu Paris $= 1$ gesetzt wird 1,1222.

Listing und Sartorius haben für Venedig im December 1834 $H = 2{,}0310$ gefunden; obschon der Unterschied zwischen dieser und meiner Bestimmung hier nur etwa die Hälfte gegen die in Mailand stattfindende beträgt, so ist sie doch gröfser als sie zufolge eines blofsen Beobachtungsfehlers erwartet werden könnte. Die von mir gefundene Intensität ist übrigens auch hier in guter Harmonie mit den früher von anderen Beobachtern erhaltenen Resultaten. So fand [1])

Quetelet	1830 und 1839	1,127
Bache	1837 - 1838	1,129
Mdm. Ainsworth		1,110
	Mittel	= 1,122.

oder genau wie ich sie gefunden habe.

Roveredo. 1844, August 10.

Im Garten des Grafen Fedrigotti, auf der nächst obersten Terrasse, gegenüber dem Albergo Imperiale.

I.

Anfang $2^h 7' \frac{1}{2}$, Ende $2^h 29'$ Nachm.

$n = 462$, $\alpha = -14''{,}5$, $r = 175$, $\Theta = 17^\circ{,}4 - 17^\circ{,}3$, $e_0 = 30^\circ$

$T' = 985''{,}39$, $T = 977''{,}58$, $H = 2{,}0323$.

II.

Anfang $2^h 39'$, Ende $3^h 1'$ Nachm.

$r = 205$, $\Theta = 17^\circ{,}9 - 19^\circ{,}2$, $e_0 = 30^\circ$

$T' = 986''{,}57$, $T = 977''{,}60$, $H = 2{,}0322$.

1) Am angeführten Orte.

München.

Im magnetischen Observatorium des Hrn. Lamont.

I.

1844. August 23. Anf. 11^h 18', Ende 11^h 40' Vorm.
$n=475$, $a=-11'',4$, $r=204$, $\Theta=13°,0-13°,0$, $e_0=30°$
$T'=1008'',62$, $T-1001'',36$, $H=1,9376$.

II.

Anfang 11^h 50' ½ Vorm., Ende 0^h 12' ½ Nachm.
$r=195$, $\Theta=13°,0-13°,1$, $e_0=30°$
$T'=1008'',39$, $T=1001'',33$, $H=1,9377$.

III.

August 28. An demselben Orte.
Anfang 11^h 53' Vorm., Ende 0^h 14' ½ Nachm.
$n=480$, $a=-12'',7$, $r=190$, $\Theta=11°,9-11°,7$, $e_0=20°$
$T'=1005'',05$, $T=1001'',43$, $H=1,9373$.

IV.

Anfang 0^h 25', Ende 0^h 47' Nachm.
$r=200$, $\Theta 11°,7-11°,9$, $e_0=20°$
$T'=1004'',97$, $T=1001'',18$, $H=1,9383$.

Gleichzeitig mit diesen Schwingungsbeobachtungen wurde der Stand der Differentialinstrumente in dem magnetischen Observatorium aufgezeichnet, dessen Ablesungen Hr. Lamont die Güte hatte durch eine absolute Bestimmung vorher zu verificiren. Auf diese Weise wurde die horizontale Intensität gleichzeitig gefunden:

	I.	II.	III.	IV.
von Langberg	1,9376	1,9377	1,9373	1,9383
- Lamont	1,9354	1,9368	1,9386	1,9394
	+22	+9	−13	−11.

Oder im Mittel hat man für die Intensität den 23. und 24. August

nach Langberg	1,9377
- Lamont	1,9376
	−1.

Die vollkommene Uebereinstimmung dieser Resultate zeigt also, dafs die Correction für die Abnahme des magnetischen Momentes meines Schwingungscylinders, die ich aus

den Beobachtungen in Christiania vor meiner Abreise 1843 und nach meiner Rückkunft 1845 abgeleitet habe, vollkommen zuverlässig ist.

Nachmittags am 28. und Vormittags am 29. August wurden die früher besprochenen Versuche zur Bestimmung des Inductionscoëfficienten für meinen Schwingungscylinder angestellt. Weil ich befürchtete, dafs dessen magnetisches Moment durch die während der Ablenkungsbeobachtungen unvermeidlichen Manipulationen und seine Nähe an dem beweglichen Magneten (dessen Masse freilich viel kleiner war als die meines Cylinders) eine Aenderung erlitten haben könnte, machte ich unmittelbar nach dem letzten Ablenkungsversuche wieder zwei Reihen von Schwingungsbeobachtungen, um dieses Moment aufs Neue zu bestimmen, und erhielt hierbei:

V.

29. August. Anfang $3^h\ 54'\frac{1}{2}$, Ende $4^h\ 16'$ Nachm.

$\iota=481$, $a=-12'',7$, $r=190$, $\Theta=12^\circ,9-12^\circ,6$, $e_0=30^\circ$

$T'=1010'',11$, $T=1003'',27$, $H=1,9302$

Lamont $=1,9397$

$-95.$

VI.

Anfang $4^h\ 25'$, Ende $4^h\ 47'$ Nachm.

$r=205$, $\Theta=12^\circ,5-12^\circ,3$, $e_0=20^\circ$

$T'=1006'',86$, $T=1002'',86$, $H=1,9318$

Lamont $=1,9399$

$-81.$

Da ich den Stand der Differentialinstrumente nur bei dem Anfange und dem Ende jeder Reihe von Schwingungsbeobachtungen aufzeichnen konnte, so sind freilich diese Vergleichungen nicht ganz so zuverlässig als die vorigen, deuten aber jedenfalls darauf hin, dafs der Cylinder durch die Ablenkungsversuche etwas von seinem magnetischen Momente verloren hat. Dafs indessen dieser Verlust, wenn er wirklich stattgefunden hat, nur vorübergehend gewesen ist, zeigt deutlich die Vergleichung mit den absoluten Bestimmungen in Christiania nach meiner Rückkunft, die so

gut mit den Münchener Beobachtungen am 23. und 28. August vor den Ablenkungsversuchen harmoniren. Es scheint mir daher am wahrscheinlichsten, dafs die angedeutete Abnahme nur durch die Nähe des Cylinders an der freien Magnetnadel, oder vielleicht zufolge einer durch die verticale Stellung des Cylinders während des letzten Ablenkungsversuchs hervorgerufene Induction veranlafst, und daher nach kurzer Zeit allmälig wieder verschwunden ist.

Wien. Den 16. September 1844.

Im freien Felde im Prater, Südöstlich von der Eisenbahnstation.

Anfang $4^h\ 46'\frac{1}{2}$, Ende $5^h\ 8'$ Nachm.

$n=499$, $a=-13'',1$, $r=170$, $\Theta=15^\circ,9-14^\circ,0$, $e_0=30^\circ$

$T'=998'',68$, $T=991'',75$, $H=1,9754$.

Prag. Den 21. September 1844.

In dem abgesperrten Theile des sogenannten Kaisergartens auf dem Hradschin.

I.

Anfang $9^h\ 39'$, Ende $10^h\ 0'$ Vorm.

$n=504$, $a=-13'',1$, $r=158$, $\Theta=13^\circ,9-14^\circ,0$, $e_0=30^\circ$

$T'=1024'',82$, $T=1018'',38$, $H=1,8739$.

II.

Anfang $10^h\ 20'$, Ende $10^h\ 42'$ Vorm.

$r=170$, $\Theta=14^\circ,8-15^\circ,4$, $e_0=30^\circ$

$T'=1025'',65$, $T=1018'',45$, $H=1,8737$.

Hr. Kreil hatte die Güte gleichzeitig mit diesen Beobachtungen den Stand des Bifilar-Magnetometer in dem magnetischen Observatorium jede fünfte Minute aufzeichnen zu lassen. Dieser wurde im Mittel während der ersten Beobachtungsreihe gleich 355,87, Temp. $+14^\circ,8$, und während der zweiten gleich 360,11, Temp. $14^\circ,9$ gefunden. Da für Hrn. Kreil's Bifilar 1° Zunahme der Temperatur einer Abnahme der Intensität von 11 Scalentheilen entspricht, und die Ablesungen der Scale mit wachsenden Intensitäten kleiner werden, so sind die auf 0° Temp. reducirten Werthe

des Bifilarstandes gleich 518,67 und 524,01. Der Scalentheil 542,78 entspricht der Intensität $= 1{,}8705$ auf 0° Temp. reducirt, und der Werth eines Scalentheils ist $= \frac{1}{16107}$ der ganzen Intensität. Nach diesen Daten findet man die absolute Intensität während meiner Beobachtungen:

	I.	II.
Kreil	1,8677	1,8683
Langberg	1,8739	1,8737
	+ 62	+ 54.

Die absoluten Bestimmungen des Hrn. Kreil geben also die Intensität für Prag etwas kleiner, als sie nach den Bestimmungen von Hansteen und Lamont gefunden werden sollte. Herr Kreil hat mir auch mündlich geäufsert, dafs er selbst ungefähr denselben Unterschied gefunden hat zwischen seinen Intensitätsbestimmungen im Jahre 1844 (die mittelst des magnetischen Theodoliten von Lamont ausgeführt wurden) und den früher mit anderen Apparaten gefundenen, und glaubte der Unterschied hätte vielleicht seinen Grund in einer nicht ganz scharfen Bestimmung der Constanten seines magnetischen Theodoliten.

Dresden. Den 1. October 1844.

Im freien Felde, an der nordwestlichen Seite des sogenannten grofsen Gartens vor der Stadt.

I.

Anfang $11^{h}\ 22'$, Ende $11^{h}\ 44'\frac{1}{2}$ Vorm.

$n = 514$, $a = -13'',4$, $r = 180$, $\Theta = 9^{\circ},9 - 9^{\circ},5$, $e_0 = 30^{\circ}$

$T' = 1037'',01$, $T = 1031'',36$, $H = 1{,}8274$.

II.

Anfang $11^{h}\ 54'$ Vorm., Ende $0^{h}\ 17'$ Nachm.

$r = 180$, $\Theta = 9^{\circ},9 - 10^{\circ},8$, $e_0 = 30^{\circ}$

$T' = 1036'',86$, $T = 1030'',95$, $H = 1{,}8289$.

Im Augustmonat 1839 wurde von Hansteen die absolute horizontale Intensität in Dresden beobachtet (an dem Platze vor dem neuen Theater), und er fand:

Aug. 15.	8^h 58′ Vorm.	Mittl. Zeit von Dresden	H=1,8230
- 18.	10^h 9′ -		1,8223
- 20.	5^h 42′ Nachm.		1,8279
- -	6^h 4′ -		1,8282
		Mittel	= 1,8252.

Dieses Resultat stimmt sehr gut mit dem Mittel aus meinen zwei Beobachtungen, nämlich 1,8282, und giebt wohl dadurch den Beweis, dafs der vermeintliche Verlust des magnetischen Momentes meines Schwingungscylinders am 29. August, wenn er wirklich stattgefunden hat, sich doch bald wieder ausgeglichen haben mufs, oder wahrscheinlich nur scheinbar ist, weil der Stand der Differentialinstrumente nur am Anfange und Ende der Schwingungsbeobachtungen aufgezeichnet wurde, und die Vergleichung dadurch weniger zuverlässig ist.

VIII. *Die Ursache der Luftelektricität noch unerwiesen; Notiz von P. Riefs.*

Hr. Prof. Reich hat in den so eben erschienenen Abhandlungen bei Begründung der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, S. 199, interessante Versuche mitgetheilt, aus welchen derselbe folgern zu können glaubt, dafs die bisherigen Versuche, die Elektricitätserregung durch Dampfbildung aus reinem, oder aus, andere Substanzen in Auflösung enthaltendem, Wasser nachzuweisen nicht vermögen. Ich wurde durch diese Mittheilung an eigene Versuche erinnert, die ich im Januar 1844, nach dem Erscheinen der vortrefflichen Untersuchung Faraday's über Dampfelektricität, angestellt habe, und in welchen ich zwar die Resultate von Volta, Saussure und Pouillet über die Elektricitätserregung bei Verdampfung bestätigt fand, aber zu der Ueberzeugung kam, dafs dieselben nicht in der Verdampfung, sondern in der Reibung von Flüssigkeitstheilchen gegen feste Körper ihren Grund haben. Indem ich

die Mehrzahl meiner Versuche, als durch die vollständigeren von Reich überflüssig gemacht, übergehe, nehme ich davon einen Versuch aus, der mir so schlagend die ausgesprochene Meinung zu beweisen schien, dafs ich denselben schon damals mehreren Freunden mittheilte, und der leicht und sicher genug ist, um einen Collegienversuch abgeben zu können. Ein Platinlöffel mit runder Höhlung, die 0,24 Grm. Wasser fafste, wurde isolirt, und durch einen Draht mit dem Stifte eines Behrens-Fechner'schen Elektroskops verbunden; unter denselben rückte ich eine Berzelius-Lampe, in gewöhnlicher Weise an einem Arme befestigt, der um einen verticalen Stab gedreht werden konnte. Nachdem der Platinlöffel zur Weifsgluth gebracht und die Lampe durch eine rasche Bewegung fortgeschnellt war, wurde mit einer Pipette, eine bestimmte Menge Kochsalzlösung in den Löffel gebracht, die denselben beinahe anfüllte. Die Flüssigkeit rundete sich ab, rotirte und wurde bei einem gewissen Grade der Abkühlung mit tumultuarischer Verdampfung aus dem Löffel geschleudert. Während dieses ganzen Verlaufs kam im Elektroskope keine Elektricität zum Vorschein. Als ich aber ein Platinblech, das zu einem Cylinder von 17 Linien Höhe, 5 Linien Breite aufgerollt war, auf die Höhlung des Löffels gestellt hatte und den Versuch wiederholte, wurde bei der gewaltsamen Verdampfung der Flüssigkeit so starke *negative* Elektricität frei, dafs das Goldblatt des Elektroskops an die bezügliche Polplatte anschlug. Dieser Versuch konnte stets mit gleichem Erfolge erhalten werden, wenn die Platinflächen zuvor von dem ausgeschiedenen Salze befreit waren; derselbe lehrt, dafs in den bekannten Pouillet'schen Versuchen (diese Annal. Bd. 11, S. 452) nicht die chemische Trennung, welche die Verdampfung begleitet, Ursache der Elektricitätserregung ist, sondern die Reibung der fein zertheilten Flüssigkeit gegen die Tiegelwand, unter der Bedingung, dafs die Flüssigkeit über die Wand fortrolle, ohne dieselbe zu benetzen. Bei der allmäligen Verdampfung von zuvor bis zum Sieden erhitzten Wasser in einem Kupferkessel, der mit einem Condensator mehrere Stunden lang in Verbindung blieb, habe ich niemals eine Elektricitätsentwicklung bemerken können. Schon Saussure fand keine Elektricität bei der freiwilligen Verdampfung (*Voyages dans les Alpes*, *T. II*, *p.* 249), ebenso Erman (Abhandl. phys. Kl. der Academie, Berlin 1818 und 1819, S. 25), und Configliachi vermochte nicht, mit einem empfindlichen Condensator Elektricität nachzu-

weisen, als er Wasser unter dem Recipienten einer Luftpumpe verdampfen liefs (Gilbert's Ann. Bd. 43, S. 370).

Von den Pouillet'schen Versuchen über Verdampfung wandte ich mich zu denen über den Vegetationsprocefs (diese Annal. Bd. 11, S. 430), konnte aber eine Elektricitätserregung durch denselben nicht erkennen in Versuchen, die zwar mit geringerer Pflanzenmenge, dagegen aber mit empfindlicheren Prüfungsmitteln angestellt wurden. Ich füllte eine vollkommen isolirte Messingschale oder häufiger eine Porcellanwanne (letztere mit einer nutzbaren Fläche von nahe 109 Par. Quadratzoll) mit Gartenerde, die feucht gehalten und durch einen Messingdraht mit der messingenen Collectorplatte eines Condensators von 6 Zoll Durchmesser in Verbindung gesetzt wurde. Die abgehobene Collector- oder Condensatorplatte wurde an einem Säulenelektroskope geprüft. Vom März bis zum August 1844 liefs ich eilf Mal Gartenkresse (*Lepidium sativum*) in der Erde keimen, und untersuchte den Condensator täglich, bis die Kresse die Höhe von 2 Zoll erreicht hatte. Häufig fanden sich Spuren von Elektricität im Condensator, aber nicht von constanter Art (nach Pouillet sollten die Pflanzen negativ elektrisch seyn); einige Controlversuche mit unbesäeter Erde machten es sehr wahrscheinlich, dafs jene elektrischen Spuren nicht von der Vegetation herrührten. Selbst in den von Pouillet angestellten Versuchen scheint mir die Annahme einer der Vegetation fremden Ursache der Elektricitätserregung nicht ausgeschlossen zu seyn.

Diese Notiz ist nicht gegen die Meinung gerichtet, dafs Verdampfung und Vegetationsprocefs Ursachen der Luftelektricität seyen; ich wünschte nur darauf aufmerksam zu machen, dafs eine sichere experimentelle Begründung dieser Meinung nicht vorhanden ist, und neue, auf anderem Wege als bisher, darüber angestellte Versuche mit unzweideutigem Resultate, von grofser Wichtigkeit seyn würden.

1846. ANNALEN №. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXIX.

I. *Zwanzigste Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität;* *von* ***Michael Faraday.***

(Mitgetheilt vom Hrn Verf. in einem besonderen Abdruck aus den *Phil. Transact. f.* 1846, *pt. I.*)

§. 27. Ueber neue magnetische Wirkungen und über den magnetischen Zustand aller Substanzen [1]).

2243) Der Inhalt der letzten Reihe dieser Untersuchungen ist, glaube ich, hinreichend, um die Behauptung zu rechtfertigen, daſs der Materie ein (für uns) neuer magnetischer Zustand eingeprägt wird, wenn man sie der Wir-

1) Mein Freund, Hr. Wheatstone, hat mich dieser Tage aufmerksam gemacht auf einen Aufsatz von Hrn. Becquerel: „Ueber die durch den Einfluſs sehr kräftiger Magnete in allen Körpern erregten magnetischen Wirkungen," gelesen in der Acad. d. Wissenschaften zu Paris am 17. Sept. 1827, und veröffentlicht in dem *Annal. de chim. et de phys. T. XXXVI, p.* 337 (Auszugsweise auch in diesen Annalen, Bd. XII, S. 622. *P.*). Er betrifft die Wirkung des Magneten auf eine Magnetnadel, auf weiches Eisen, Eisenoxyduloxyd, Eisenoxyd, und auf eine Holznadel. Der Verf. beobachtete und, wie er anführt, hatte es schon Coulomb beobachtet, daſs eine Holznadel sich unter gewissen Bedingungen *winkelrecht* gegen die magnetischen Curven stelle; auch fand er die auffallende Thatsache, daſs eine Holznadel sich den Windungen eines Galvanometers parallel stelle. Er bezieht jedoch diese Erscheinungen auf einen Magnetismus, der an Stärke geringer, doch im Charakter derselbe sey als der im Eisenoxyd, denn die Körper nehmen dieselbe Stellung an. Er giebt an, die Polarität des Stahls und Eisens sey nach der Länge der Substanz gerichtet, die des Eisenoxyds, des Holzes und Gummilacks aber meistens, und, bei Anwendung Eines Magnetpoles immer, nach der Breite. „Diese Verschiedenheit, welche eine Gränzlinie zwischen den beiden Arten von Erscheinungen errichtet, rührt davon her, daſs, da der Magnetismus im Eisenoxyd, Holz u. s. w. sehr schwach ist,

kung magnetischer und elektrischer Kräfte unterwirft (2227); und dieser neue Zustand äufsert sich durch die Wirkung, welche die Materie auf das Licht erlangt. Die nun zu beschreibenden Erscheinungen sind von ganz anderer Natur, und erweisen einen uns zuvor unbekannten magnetischen Zustand, nicht nur der angeführten Substanzen, sondern auch vieler anderen (worunter eine grofse Zahl opaker und metallischer) und vielleicht aller, mit Ausnahme der magnetischen Metalle und deren Verbindungen; und auch diese versehen uns vermöge dieses Zustands mit den Mitteln, die Verknüpfung der magnetischen Erscheinungen, und vielleicht die Aufstellung einer auf einfachen Grundsätzen errichteten Theorie der allgemeinen magnetischen Action zu unternehmen.

2244) Die ganze Materie ist so neu und die Erscheinungen sind so mannigfaltig und allgemein, dafs ich, bei allem Wunsche mich kurz zu fassen, doch vieles beschreiben mufs, was sich zuletzt unter einfache Principien bringen lassen wird. Beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnifs ist aber diefs der einzige Weg, auf welchem ich diese Principien und ihre Resultate hinreichend klar machen kann.

die Reaction des Körpers auf sich selbst vernachlässigt werden kann, und deshalb die directe Einwirkung des Stabes dieselbe überwiegt."

Da der Aufsatz die Erscheinungen beim Holz und Gummilack nicht auf eine elementare *Repulsiv*wirkung bezieht, nicht zeigt, dafs sie einer ungeheuren Klasse von Körpern angehören, auch diese Klasse, welche ich die diamagnetische genannt habe, nicht von der magnetischen unterscheidet; da sie ferner alle magnetische Wirkung nur als Einer Art betrachtet, während ich gezeigt, dafs es deren zwei Arten giebt, so verschieden von einander als positive und negative elektrische Wirkung in ihrer Weise, — so glaube ich nicht nöthig zu haben, an dem, was ich geschrieben, ein Wort oder das Datum zu ändern. Mit Freuden spreche ich übrigens hier meine Anerkennung der wichtigen Arbeiten des Hrn. Becquerel's über diesen Gegenstand aus. — M. F. Dec. 5, 1845. [Ich erinnere hier an Seebeck's Aufsatz, der am 11. Juni 1827 in der Berliner Academie gelesen worden ist, S. Ann. Bd. X, S. 203. *P.*]

I. Erforderlicher Apparat.

2245) Die zu beschreibenden Effecte erfordern einen magnetischen Apparat von großer Kraft, deren man völlig Herr ist. Beides erlangt man durch den Gebrauch von Elektromagneten, deren Kraft sich weit über die von natürlichen oder Stahl-Magneten steigern läßt; auch kann man denselben ihre Kraft plötzlich ganz nehmen oder sie auf den höchsten Grad erheben, ohne daß man an den zum Versuche nöthigen Vorrichtungen irgend etwas zu ändern braucht.

2246) Einer der von mir gebrauchten Elektromagneten ist der, welchen ich unter dem Namen *Woolwich-Rolle* schon beschrieben habe (2192). Der dazu gehörige Kern von weichem Eisen hält 28 Zoll in Länge und 2,5 Zoll im Durchmesser. Wenn er durch 10 Grove'sche Platinpaare in Thätigkeit gesetzt wird, trägt jedes seiner Enden ein oder zwei Funfzig-Pfundstücke. Er kann vertical und horizontal gestellt werden. Der Eisenkern ist ein Cylinder mit flachen Enden, doch habe ich, erforderlichenfalls, einen Eisenkegel von 2 Zoll Durchmesser an der Base und 1 Zoll Höhe auf eins seiner Enden gesetzt.

2247) Ein anderer meiner Magnete ist hufeisenförmig gestaltet. Der Eisenstab hält 46 Zoll in Länge und 3,75 Zoll im Durchmesser, und ist so gebogen, daß die Enden, welche die Pole bilden, 6 Zoll auseinanderstehen. Die beiden geraden Arme des Stabes sind bewickelt mit 522 Fuß eines 0,17 Zoll dicken und mit Zwirn übersponnenen Kupferdrahts, der auf diesen Armen zwei Gewinde bildet, jedes von 16 Zoll Länge und aus drei Drahtlagen bestehend. Die Pole sind natürlicherweise 6 Zoll von einander und ihre Enden genau geebnet. Gegen diese sind zwei Stäbe von weichem Eisen, 7 Zoll lang, 2½ und 1 Zoll dick, beweglich und durch Schrauben in jeder Entfernung bis zu 6 Zoll von einander zu halten. Die Enden dieser Stäbe bilden die entgegengesetzten ungleichnamigen Pole; das magnetische Feld zwischen ihnen kann größer oder kleiner ge-

macht, und somit die Intensität der Magnetkraftlinien verhältnifsmäfsig abgeändert werden.

2248) Zur Aufhängung der Substanzen zwischen oder neben den Polen dieser Magnete gebrauchte ich bisweilen eine Glasflasche, oben mit einer Platte und einem verschiebbaren Stab. Sechs oder acht gleichmäfsig ausgestreckte Coconfäden, zu einem Faden vereinigt, wurden oben an dem verschiebbaren Stab befestigt, und trugen unten einen Papierbügel, in welchen die zu untersuchende Substanz gelegt wurde.

2249) Eine andere sehr nützliche Aufhängungsart bestand darin, dafs ein sechs Fufs langer Faden, befestigt an einem ajustirbaren Arm nahe an der Decke des Zimmers, unten einen kleinen Ring aus Kupferdraht trug; die zu untersuchende Substanz lag auf einem aus feinem Kupferdraht gebildeten Rost (*cradle*), der mittelst eines acht bis zehn Zoll langen und oben hakenförmig endenden Drahts in den Ring gehängt war. Die Höhe der zu untersuchenden Substanz konnte dadurch beliebig abgeändert werden, dafs man den Draht an der gehörigen Stelle zu einem Haken bog. Ein zwischen den Magnetpolen angebrachter Glascylinder war völlig hinreichend, die aufgehängte Substanz vor jeder aus Luftzug entspringenden Bewegung zu schützen.

2250) Bevor man mit diesem Apparat eine Untersuchung beginnt, ist es nöthig, sich zu versichern, dafs die angewandten Substanzen keinen Magnetismus besitzen. Das Vermögen des Apparats, Magnetismus zu offenbaren, ist so grofs, dafs es schwer hält, geeignetes Schreibpapier zu dem erwähnten Bügel zu finden. Ehe man daher einen Versuch anstellt, mufs man sich überzeugen, dafs der angewandte Aufhängungsapparat sich nicht richte, d. h. vermöge der Magnetkraft nicht eine parallele Lage mit der die Pole verbindenden Linie annehme. Beim Gebrauche von kupfernen Aufhängungen zeigt sich eine eigenthümliche Erscheinung (2309), welche indefs, richtig verstanden, wie wir späterhin zeigen werden, die Resultate des Versuchs nicht stört. Der Draht mufs fein seyn, nicht magnetisch wie Eisen, und

der Rost mufs in horizontaler Richtung keine längliche, sondern eine runde oder quadratische Gestalt haben.

2251) Die zu untersuchenden Substanzen müssen sorgfältig auf Magnetismus geprüft, und wenn sie nicht frei davon sind, verworfen werden. Die Prüfung ist leicht, denn wenn sie magnetisch sind, werden sie von dem einen oder andern Pol des grofsen Magneten angezogen oder zwischen ihnen gerichtet. Eine Prüfung durch kleinere Magnete oder eine Magnetnadel ist zu diesem Zweck nicht hinreichend.

2252) Ich werde oft Gelegenheit haben von zwei Hauptrichtungen im magnetischen Felde zu sprechen, weshalb es mir, um Umschreibungen zu vermeiden, erlaubt seyn mag, ein Paar Kunstausdrücke zu gebrauchen. Die eine dieser Richtungen geht von Pol zu Pol oder längs der Magnetkraftlinie, diese will ich die *axiale* nennen; die andere ist winkelrecht auf ihr, und also auch auf der Magnetkraftlinie, sie mag die *aequatoriale* heifsen (Taf. III, Fig. 1). Andere von mir zu gebrauchende Ausdrücke werden sich hoffentlich von selbst erklären.

I. Wirkung der Magnete auf schweres Glas.

2253) Der 2 Zoll lange und etwa 0,5 Zoll breite und dicke Stab von kieselborsaurem Bleioxyd oder schwerem Glase, schon beschrieben als die Substanz, bei welcher zuerst die Wirkung der magnetischen Kräfte auf einen Lichtstrahl nachgewiesen ward (2152), wurde central zwischen den Magnetpolen aufgehängt (2247) und sich überlassen bis der Effect der Torsion vorüber war. Dann wurde der Magnet durch Schliefsung der Volta'schen Kette in Thätigkeit gesetzt. Sogleich drehte sich der Stab in eine gegen die Magnetkraftlinie winkelrechte Lage, und kam in ihr nach einigen Schwingungen zur Ruhe. Als man ihn mit der Hand aus dieser entfernte, kehrte er in dieselbe zurück, und diefs konnte oftmals wiederholt werden.

2254) Jedes Ende des Stabes ging gleichgültig nach jeder Seite der axialen Linie. Der bestimmende Umstand war einfach eine Ablenkung des Stabes, zu Anfang des Ver-

suchs, diefs- oder jenseits von der axialen Linie. Befand sich eins der Enden des Stabes auf einer Seite der magnetischen oder axialen Linie, so ging, wenn der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, dasselbe Ende weiter auswärts, bis der Stab die aequatoriale Lage angenommen hatte.

2255) Eben so wenig machte eine Umkehrung der Magnetpole, durch Umkehrung der Richtung des elektrischen Stroms bewirkt, irgend einen Unterschied in dieser Beziehung. Der Stab ging auf kürzestem Wege in die aequatoriale Lage.

2256) Die Kraft, welche den Stab in diese Lage trieb, hatte man so in seiner Gewalt, dafs man durch gehörige Schliefsungen der Volta'schen Batterie den schwingenden Stab in seinem Gange zu dieser Lage leicht entweder beschleunigen oder aufhalten konnte.

2257) Es gab für den Stab zwei Gleichgewichtslagen, eine stabile und eine instabile. Befand er sich in Richtung der Axe oder Magnetkraftlinie, so bewirkte die Schliefsung der Kette keine Aenderung seiner Lage; war er aber im geringsten schief gegen diese Lage, so vergröfserte sich die Schiefe bis der Stab in die aequatoriale Lage gekommen war. Befand sich dagegen der Stab ursprünglich in der aequatorialen Lage, so bewirkte der Magnetismus keine weitere Aenderung, sondern erhielt sich in derselben (2298. 2299. 2384).

2258) Hier haben wir also einen Magnetstab, der sich in Bezug auf Nord- und Südpole, von Osten nach Westen richtet, d. h. winkelrecht gegen die Magnetkraftlinien stellt.

2259) Auch wenn der Stab so hängt, dafs sein Drehpunkt, obwohl in der axialen Linie, nicht gleich weit von den Polen absteht, sondern dem einen näher als dem andern ist, wird er von dem Magnetismus winkelrecht gegen die Magnetkraftlinie gestellt, und zwar gleichgültig mit jedem Ende diefs- oder jenseits der axialen Linie. Zugleich zeigt sich aber noch eine andere Erscheinung; bei Schliefsung der Kette weicht nämlich der Schwerpunkt des Stabes von dem Pole zurück, und bleibt abgestofsen so lange

der Magnet in Thätigkeit erhalten wird. Bei Aufhebung des Magnetismus kehrt der Stab in die seiner Schwere entsprechende Stelle zurück.

2260) Genau dasselbe findet am anderen Pole des Magneten statt. Jeder von ihnen stöfst den Stab zurück, wie auch seine Lage seyn mag, und zugleich ertheilt er ihm eine gegen die Magnetkraftlinie rechtwinkliche Lage.

2261) Ist der Stab gleich weit von den Polen und in der axialen Linie, so ist keine Abstofsung vorhanden oder zu beobachten.

2262) Hält man aber den Drehpunkt in der aequatorialen Linie, d. h. gleich weit von den beiden Polen, und entfernt ihn diefs- oder jenseits ein wenig aus der axialen Linie (2252), so tritt eine andere Erscheinung auf. Der Stab stellt sich wie zuvor gegen die Magnetkraftlinie, weicht aber zugleich aus der axialen Linie, entfernt sich von ihr, und bleibt in dieser neuen Lage so lange als der Magnetismus anhält; mit dessen Verschwinden verläfst er sie wieder.

2263) Statt der beiden Magnetpole kann man auch einen einzigen anwenden, und zwar sowohl in verticaler als in horizontaler Lage. Die Erscheinungen stimmen mit den zuvor beschriebenen vollkommen überein; denn der Stab wird, wenn er dem Pole nahe ist, von diesem in Richtung der Magnetkraftlinien abgestofsen und zugleich winkelrecht gegen dieselben gestellt. Ist der Magnet vertical (2246) und der Stab ihm zur Seite, so wird letzterer tangential zur krummen Oberfläche des ersteren gestellt.

2264) Sollen diese Querstellungen gegen die Magnetcurven erfolgen, so mufs das schwere Glas eine längliche Gestalt haben; ein Würfel oder ein rundliches Stück wird sich nicht so richten wie ein langes. Zwei oder drei Würfel oder runde Stücke neben einander in den Papierbügel gelegt, so dafs sie ein längliches System bilden, richten sich aber.

2265) Stücke von irgend einer Form werden jedoch *abgestofsen*; hängt man zum Beispiel zwei Stücke zugleich in

der axialen Linie auf, eins diesem, eins jenem Pole nahe, so werden sie von den respectiven Polen abgestoſsen und einander genähert, wie wenn sie sich anzögen. Hängt man dagegen zwei Stücke in der aequatorialen Linie auf, eins auf jeder Seite der Axe, so weichen sie beide von der Axe und scheinen einander abzustoſsen.

2266) Aus dem Wenigen, was gesagt ist, geht hervor, daſs die Bewegung des Stabes ein complicirtes Resultat der Kraft ist, welche der Magnetismus auf das schwere Glas ausübt, und daſs Kugel oder Würfel eine viel einfachere Aeuſserung dieser Kraft zeigen. Wenn somit ein Würfel zwischen beiden Polen angewandt wird, ist das Resultat eine Abstoſsung oder Zurückweichung von jedem Pol, und eben so eine Abweichung aus der magnetischen Axe nach einer oder der anderen Seite.

2267) So wird sich das anzeigende Theilchen entweder längs den magnetischen Curven oder quer gegen sie bewegen, beides entweder in dieser oder jener Richtung; und das einzige Constante dabei ist die Tendenz, von stärkeren zu schwächeren Stellen der magnetischen Kraft überzugehen.

2268) Viel einfacher erscheint dieſs bei einem einzelnen Magnetpol, denn dann strebt der anzeigende Würfel (oder Kugel) sich auswärts in Richtung der Magnetkraftlinien zu bewegen. Der Vorgang ähnelt merkwürdig einer schwachen elektrischen Repulsion.

2269) Weshalb ein Stab oder irgend ein längliches Stück des schweren Glases Richtung annimmt, ist nun klar. Es ist bloſs das Resultat des Strebens der Theilchen, sich auswärts zu bewegen oder in die Lage der schwächsten magnetischen Action zu begeben. Die Vereinigung der Wirkung aller Theilchen bringt die Masse in die Lage, welche der Versuch als ihr zugehörig ergiebt.

2270) Wenn der eine oder die beiden Magnetpole zugleich thätig sind, so bilden die Bahnen, welche die Theilchen des schweren Glases bei freier Bewegung beschreiben, eine Reihe von Linien oder Curven, auf welche ich mich

späterhin beziehen werde. Da ich Luft, Glas, Wasser u. s. w. diamagnetische Körper nenne (2149), so werde ich diese Linien mit dem Namen *diamagnetische Curven* belegen, um sie von den magnetischen Curven zu unterscheiden.

2271) Bei Eintauchung des schweren Glases in ein zwischen den Polen befindliches Gefäfs voll Wasser, Alkohol oder Aether sind alle Erscheinungen wie zuvor. Der Stab richtet sich und der Würfel weicht zurück, genau wie in Luft.

2272) Die Erscheinungen zeigen sich gleich gut in Gefäfsen von Holz, Steingut, Thon, Kupfer, Blei, Silber oder irgend einer der Substanzen, die zur Klasse der diamagnetischen gehören (2149).

2273) Dieselbe aequatoriale Richtung und dieselben Bewegungen, aber in sehr schwachem Grade habe ich mittelst eines guten hufeisenförmigen Stahlmagneten erhalten (2157); mittelst Schraubendrähten (2191. 2192) ohne Eisenkern habe ich sie aber nicht bekommen.

2274) Wir haben hier also magnetische Abstofsung ohne Polarität, d. h. ohne Bezug auf einen besonderen Pol des Magneten, denn jeder Pol stöfst die Substanz ab, und beide stofsen sie zugleich ab (2262). Das schwere Glas, obwohl der magnetischen Wirkung unterworfen, kann nicht als magnetisch betrachtet werden, wenigstens nicht in der gewöhnlichen Bedeutung des Worts oder wie Eisen, Nickel, Kobalt und deren Verbindungen. Es zeigt uns, unter diesen Umständen eine für unsere Kenntnifs neue magnetische Eigenschaft; und obwohl die Erscheinungen in ihrer Natur und ihrem Charakter sehr verschieden sind von denen, welche bei der Wirkung des schweren Glases auf Licht stattfinden (2152), so scheinen sie doch von demselben Zustand, in welchen dann das Glas versetzt wird, abhängig oder mit ihm verknüpft zu seyn, und sie beweisen daher mit diesen Erscheinungen die Realität dieses neuen Zustands.

III. Wirkung von Magneten auf andere, magnetisch auf Licht einwirkende Substanzen.

2275) Wir können nun vom schweren Glase zur Untersuchung anderer Substanzen übergehen, die, unter dem Einfluſs magnetischer und elektrischer Kräfte, im Stande sind einen polarisirten Lichtstrahl zu afficiren und zu drehen (2173), können die Untersuchung auch ausdehnen auf Körper, die wegen Unregelmäſsigkeit ihrer Form, unvollkommener Durchsichtigkeit oder völliger Undurchsichtigkeit nicht durch einen polarisirten Lichtstrahl untersucht werden können, denn es hat keine Schwierigkeit sie alle der früheren Probe zu unterwerfen.

2276) Es fand sich bald, daſs die Eigenschaft, von den Magnetpolen afficirt und abgestoſsen zu werden, nicht bloſs dem schweren Glase eigen ist. Borsaures Bleioxyd, Flint- und Kronglas stellen sich in derselben Weise aequatorial und erleiden in der Nähe der Pole dieselbe Abstoſsung wie schweres Glas, doch nicht in demselben Grade.

2277) Unter den Substanzen, die nicht der Untersuchung durch Licht unterworfen werden konnten, zeigte Phosphor in Cylindergestalt die Erscheinungen sehr gut, ich glaube so kräftig wie schweres Glas, wenn nicht kräftiger. Ein Cylinder von Schwefel und ein langes Stück Kautschuck, Substanzen, die nach gewöhnlicher Weise nicht magnetisch sind, wurden gut gerichtet und abgestoſsen.

2278) Krystallisirte Körper, einfach wie doppelt brechende, verhielten sich eben so (2237). Quarzprismen, Kalkspath, Salpeter und schwefelsaures Natron richteten sich und wurden abgestoſsen.

2279) Ich begann nun eine groſse Zahl von Körpern, genommen aus jeder Klasse, den magnetischen Kräften zu unterwerfen. Die Verschiedenartigkeit derselben wird aus der weiterhin gegebenen kurzen Liste von krystallinischen, amorphen, flüssigen und organischen Substanzen hervorgehen. Flüssigkeiten wurden in dünne Glasröhren eingeschlossen. Flintglas stellt sich aequatorial, wenn aber eine Röhre daraus sehr dünnwandig ist, giebt sie für sich allein nur

eine schwache Wirkung. Wird sie nun mit Flüssigkeit gefüllt und untersucht, so ist die Wirkung so stark, dafs man nicht zu fürchten braucht, den Effect des Glases mit dem der Flüssigkeit zu verwechseln. Die Röhren dürfen nicht mit Kork, Siegellack oder irgend einer aufs Gerathewohl genommmenen Substanz verschlossen werden, denn diese Substanzen sind im Allgemeinen magnetisch (2285). Gewöhnlich habe ich sie wie Fig. 2, Taf. III, gestaltet, indem ich sie am Halse auszog und seitwärts eine Oeffnung liefs, so dafs, wenn sie mit Flüssigkeit gefüllt waren, keinen Verschlufs erforderten.

2280) Bergkrystall
Schwefelsaurer Kalk
Schwefelsaurer Baryt
Schwefelsaures Natron
Schwefelsaures Kali
Schwefelsaure Bittererde
Alaun
Salmiak
Chlorblei
Chlornatrium
Salpetersaures Kali
Salpeters. Bleioxyd
Kohlensaures Natron
Kalkspath
Essigsaures Bleioxyd
Brechweinstein
Seignettesalz
Weinsäure
Citronsäure
Wasser
Alkohol
Aether
Salpetersäure
Schwefelsäure
Salzsäure
Lösungen verschiedener
Alkali- und Erdsalze
Glas
Bleiglätte
Weifser Arsenik
Jod
Phosphor
Schwefel
Harz
Wallrath
Caffein
Cinchonin
Margarinsäure
Wachs aus Schellack
Siegellack
Olivenöl
Terpenthinöl
Gagat
Kautschuck
Zucker
Stärkmehl
Gummi arabicum
Holz
Elfenbein
Hammelfleisch, getrocknet
Ochsenfleisch, frisch
dito getrocknet
Blut, frisch
dito getrocknet
Leder
Aepfel
Brot.

2281) Es ist sonderbar eine Liste von Körpern wie diese zu sehen, die alle die merkwürdige Eigenschaft zei-

gen, und seltsam macht es sich, dafs Holz, Fleisch oder ein Apfel dem Magnet gehorcht, oder von ihm abgestofsen wird. Wenn ein Mensch, nach Dufay'scher Weise, mit hinlänglicher Empfindlichkeit aufgehängt und in das magnetische Feld gebracht werden könnte, würde er sich aequatorial richten; denn alle Substanzen, aus denen er gebildet ist, mit Einschlufs des Bluts, besitzen diese Eigenschaft.

2282) Das Stellen in den Aequator hängt von der Form des Körpers ab, und die Verschiedenheit der Form war bei den Substanzen obiger Liste sehr grofs. Doch ergab sich im Allgemeinen das Resultat, dafs Verlängerung in einer Richtung hinreichend sey zur Annahme einer aequatorialen Lage. Es hielt nicht schwer einzusehen, dafs verhältnifsmäfsig grofse Massen sich eben so leicht richten würden als kleine, weil in grofsen Massen mehr Magnetkraftlinien zur Wirkung auf den Körper beitragen; und diefs bestätigte sich auch wirklich. Auch ergab sich bald, dafs eine Platte oder ein Ring eben so gut war wie ein Cylinder oder ein Prisma; Platten oder flache Ringe von Holz, Wallrath, Schwefel etc., richtig aufgehängt, nahmen die aequatoriale Stellung sehr gut an. Könnte schweres Glas als Platte oder Ring in Wasser schwimmen, so dafs es in jeder Richtung frei beweglich wäre, so würde es, unter diesen Umständen den magnetischen Kräften unterworfen (*subject to magnetic forces diminishing in intensity*), sich sogleich aequatorial stellen, und, wenn sein Mittelpunkt mit der Axe der Magnetkraft zusammenfiele, daselbst bleiben; wenn aber sein Mittelpunkt aufserhalb dieser Linie läge, würde es vielleicht allmälig in der Aequatorebene von dieser Axe fortgehen (*pafs of from this axis in the plane of aequator and go out from between the poles*).

2283) Ich habe nicht gefunden, dafs Zertheilung der Substanz einen Einflufs auf die Erscheinungen ausübe. An einem Kalkspath wurde beobachtet, mit welcher Kraft er sich aequatorial stelle; dann wurde er in sechs oder mehre Stücke zerschlagen, in ein Glasrohr geschüttet und abermals geprüft; so weit sich ermitteln liefs, war der Effect der-

selbe. Bei einem zweiten Versuch ward der Kalkspath erst in kleinere Stücke verwandelt, dann in gröbliches Pulver und zuletzt in feines Pulver. Jedesmal auf die aequatoriale Stellung untersucht, konnte ich keinen Unterschied wahrnehmen, wenn nicht etwa im letzten Fall, wo mir das Streben zu dieser Stellung eine geringe, doch fast unwahrnehmbare Abnahme zu zeigen schien. Kieselerde gab dasselbe Resultat, keine Abnahme der Kraft. In Bezug hierauf will ich auch bemerken, dafs Stärkmehl und andere fein gepülverte Körper die Erscheinung sehr gut zeigen.

2284) Sehr feine Versuche und grofse Sorgfalt wären erforderlich, wollte man die Stärke dieser magnetischen Wirkung bei verschiedenen Körpern ermitteln; ich habe in dieser Beziehung nur sehr geringe Fortschritte gemacht. Schweres Glas steht über Flintglas, und letzteres über Tafelglas. Wasser steht unter allen diesen, und ich glaube Alkohol unter Wasser, und Aether unter Alkohol. Borsaures Bleioxyd steht eben so hoch als schweres Glas, wenn nicht darüber, und Phosphor steht wahrscheinlich an der Spitze aller eben genannten Substanzen. Ich fand auch die Aequatorial-Stellung des Phosphors zwischen den Polen eines gewöhnlichen Magneten bestätigt (2273).

2285) Ich war sehr betroffen durch die Thatsache, dafs das Blut nicht magnetisch ist (2280), und eben so wenig irgend eins der versuchten Exemplare der rothen Muskelfaser von Rind oder Hammel. Diefs war um so auffallender, als, wie wir später sehen werden, das Eisen *immer* und in *fast allen Zuständen* magnetisch ist. In Bezug auf diesen Punkt mag jedoch bemerkt seyn, dafs der gewöhnliche Magnetismus der Materie und diese *neue Eigenschaft* einander in ihren Effecten gegenüberstehen; und dafs wenn diese Eigenschaft stark ist, sie einen sehr geringen Grad von gewöhnlicher Magnetkraft überwältigen kann, gerade eben so wie ein gewisser Betrag von magnetischer Kraft das Daseyn dieser Kraft völlig verstecken kann (2422). Deshalb ist es so nöthig, die Körper zuvörderst auf ihre magnetische Beschaffenheit sorgfältig zu untersuchen (2250).

Die folgende Liste einiger Substanzen, die schwach magnetisch befunden wurden, kann zur Erläuterung dienen: — Papier, Siegellack, Tusch, Berliner Porcellan, Seidenwurmdarm (*silkworm-gut*), Asbest, Flufsspath, Mennige, Vermillon, Bleihyperoxyd, Zinkvitriol, Turmalin, Graphit, Schellack, Holzkohle. Bei einigen dieser Substanzen war der Magnetismus durch die ganze Masse verbreitet, bei anderen war er auf gewisse Stellen beschränkt.

2286) Auf diesen Punkt gelangt, will ich bemerken, dafs wir keine Schwierigkeit in der Annahme finden können, dafs die Erscheinungen das Daseyn einer für uns neuen magnetischen Eigenschaft der Materie darthun. Nicht die uninteressanteste der daraus sich ergebenden Folgerungen ist die Weise, in welcher sie die oft aufgestellte Behauptung, dafs alle Körper magnetisch seyen, besichtigt. Diejenigen, welche diefs behaupteten, meinten, dafs alle Körper magnetisch sind, wie es Eisen ist, und sagen, dafs sie sich zwischen den Körpern richten. Die neuen Thatsachen widerlegen einerseits diese Behauptung, bestätigen aber andererseits in allen gewöhnlichen Körpern das Daseyn von Kräften, welche den in magnetischen Körpern vorhandenen direct entgegengesetzt sind, denn wo diese Anziehung bewirken, erzeugen sie Abstofsung; jene bringen den Körper in eine axiale Richtung, diese in eine aequatoriale; und die Thatsachen in Bezug auf Körper im Allgemeinen sind genau die umgekehrten von denen, welche nach der erwähnten Ansicht stattfinden würden.

IV. Wirkung von Magneten auf Metalle im Allgemeinen.

2287) Die Metalle bilden in Bezug auf magnetische und elektrische Kräfte eine Körperklasse von so hohem und besonderem Interesse, dafs man von ihnen wohl zuerst einige eigenthümliche Erscheinungen hinsichtlich der auffallenden Eigenschaft erwarten mufs, die sich bei so grofser Anzahl verschiedenartiger Körper vorfindet. Da sich bei dieser bis so weit kein Zusammenhang mit Leitung oder

Nichtleitung, Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit, Starrheit oder Flüssigkeit, krystallinischem oder amorphem Zustand, mit Ganzheit oder Zerstückelung gezeigt hatte, so war es für mich von hohem Interesse, zu erfahren, ob die Metalle sich diesem allgemeinen Verhalten anschliefsen oder von ihm absondern würden.

2288) Dafs die drei Metalle, Eisen Nickel und Kobalt, eine besondere Klasse bilden, schien fast unzweifelhaft, und ich glaube es wird der Untersuchung zum Vortheil gereichen, wenn ich sie in einem besonderen Abschnitt betrachte. Wenn sich fernerhin ein anderes Metall nach Art dieser magnetisch erweist, würde es recht und zweckmäfsig seyn, dasselbe in die nämliche Klasse zu stellen.

2289) Zunächst hatte ich also zu prüfen, ob die Metalle eine Anzeige von gewöhnlichem Magnetismus gäben. Eine solche Prüfung erfordert Magnete von nicht geringerer Kraft als die, welche zu der ferneren Untersuchung angewandt werden müssen. Ich habe viele Exemplare von Metalle gefunden, welche sich gegen eine Magnetnadel oder einen starken Hufeisenmagnet (2157) als frei von Magnetismus erwiesen, und dennoch reichliche Anzeigen von ihm gaben, wenn sie neben einem oder neben beiden Polen des beschriebenen Magnets aufgehängt wurden (2246).

2290) Meine Probe auf Magnetismus war diese. Wenn der zu untersuchende, etwa zwei Zoll lange Metallstab, im magnetischen Felde aufgehängt (2249), zuerst etwas schief gegen die axiale Linie lag, und dann bei Einwirkung der magnetischen Kräfte in die axiale Richtung, statt in die aequatoriale, getrieben wurde oder in einer etwas schiefen verblieb, so betrachtete ich ihn als magnetisch. Denselben Schlufs zog ich, wenn er, dem einen Magnetpol nahe, von ihm angezogen, statt abgestofsen wurde. Offenbar ist diese Probe nicht scharf, weil, wie früher erwähnt (2285), ein Körper einen geringen Grad von Magnetismus besitzen und dennoch die neue Eigenschaft bei ihm so stark seyn kann, dafs sie diesen neutralisirt oder übertrifft. Im ersten Fall könnte er frei von beiden Eigenschaften erscheinen, im zweiten frei

vom Magnetismus, aber begabt mit einem geringen Grade der neuen Eigenschaft.

2291) Folgende Metalle erwiesen sich, auf die obige Art geprüft, als nicht magnetisch; und wären sie magnetisch, würden sie es doch in so geringem Grade seyn, dafs dadurch die Resultate nicht gestört oder der Fortgang der Untersuchung nicht gehemmt würde.

Antimon, *Wismuth*, *Kadmium*, *Kupfer*, *Gold*, *Blei*, *Quecksilber*, *Silber*, *Zinn*, *Zink*.

2292) Folgende Metalle waren und sind noch für mich magnetisch, und deshalb Gefährten (*companions*) des Eisens, Nickels und Kobalts:

Platin, *Palladium*, *Titan*.

2293) Ob diese Metalle an sich oder vermöge eines geringen Gehalts an Eisen, Nickel oder Kobalt magnetisch seyen, unternehme ich für jetzt nicht zu entscheiden; auch will ich nicht behaupten, dafs die der ersten Liste unmagnetisch sind. Es hat mich sehr überrascht, fast alle von mir untersuchten Proben von Zink, Kupfer, Antimon und Wismuth anscheinend frei von Eisen zu finden; und ich halte es für sehr wahrscheinlich, dafs einige Metalle, wie Arsenik etc. ein starkes Vermögen besitzen, den Magnetismus eines jeden Antheils Eisen zu dämpfen und zu vernichten, während andere Metalle, wie Silber und Platin, wenig oder nichts in dieser Beziehung ausrichten.

2294) In Betreff des Einflusses, den die Magnetkraft auf die nicht nach Art des Eisens magnetischen Metalle ausübt (2291), will ich bemerken, dafs er zwei Wirkungen hervorbringt, die sorgfältig von einander zu trennen sind. Die eine hängt ab von inducirten magneto-elektrischen Strömen, und soll weiterhin (2309) erwogen werden. Die andere schliefst Effecte ein von gleicher Art wie die, welche bei schwerem Glase und vielen anderen Körpern hervorgebracht werden (2276).

2295) Alle die nicht magnetischen Metalle unterliegen der Magnetkraft, und zeigen im Allgemeinen dieselben Erscheinungen wie die schon angeführte grofse Klasse von Kör-

Körpern. Die Kraft, welche sie dann äufsern, besitzen sie in verschiedenem Grade. Antimon und Wismuth zeigen sie gut, besonders das letztere. Das Wismuth übertrifft das schwere Glas, das borsaure Bleioxyd und vielleicht den Phosphor. Ein kleiner Stab oder Cylinder von Wismuth, etwa 2 Zoll lang und 0,25 bis 0,5 Zoll breit, ist besser als irgend eine bis jetzt von mir untersuchte Substanz geeignet die verschiedenen eigenthümlichen Erscheinungen zu zeigen.

2296) Genau gesprochen war der von mir angewandte Wismuthstab 2 Zoll lang, 0,33 Zoll breit und 0,2 Zoll dick. Als dieser Stab, zwischen den Polen, im magnetischen Felde aufgehängt und der Magnetkraft ausgesetzt wurde, nahm er so frei wie schweres Glas (2253) die aequatoriale Richtung an, und wenn er aus dieser abgelenkt wurde, kehrte er frei in sie zurück. Diese letzte Erscheinung, obwohl im vollen Einklang mit den früheren, steht mit den Erscheinungen beim Kupfer und bei einigen anderen Metallen (2309) in so auffallendem Contrast, dafs sie hier besonders erwähnt zu werden verdient.

2297) Die verhältnifsmäfsige Empfindlichkeit des Wismuths veranlafst unter verschiedenen Umständen verschiedene Bewegungen, die, wegen ihrer verwickelten Natur, einer sorgfältigen Auseinandersetzung und Erläuterung bedürfen.

2298) Wenn der cylindrische Elektromagnet (2246) vertical gestellt wird, so bietet der obere Pol eine ebene kreisrunde Horizontalfläche von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser dar. Eine kleine Probekugel (2266) von Wismuth dicht über dem Mittelpunkt dieser Fläche aufgehängt, bewegt sich nicht durch den Magnetismus. Führt man aber die Kugel nach aufsen, z. B. bis zur Hälfte zwischen Mitte und Rand, so bewegt der Magnetismus sie einwärts oder gegen die verlängerte Axe des Eisencylinders. Wird sie noch weiter nach aufsen geführt, so bewegt sie sich durch den Einflufs des Magnetismus auch noch einwärts, und diefs geht fort bis sie genau über dem Rand des Eisenkerns ist, wo sie

wiederum gar keine Bewegung zeigt (durch eine Abänderung des Versuchs ist bekannt, dafs sie hier eine von dem Kern in die Höhe gehende Richtung annehmen würde). Wird sie ein wenig weiter auswärts geführt, so treibt der Magnetismus sie nach aufsen, und diese Richtung erhält sie auch in jeder ferneren Lage oder längs den Seiten des Eisenkerns herunter.

2299) In der That ist die kreisrunde Kante, welche das Ende des Kerns mit den Seiten desselben bildet, der Scheitel eines Magnetpols für einen Körper, der wie die Wismuthkugel dicht daran liegt; und weil die von ihm ausgehenden Magnetkraftlinien nach allen Richtungen divergiren und rasch abnehmen, strebt auch die Kugel in allen Richtungen einwärts, auf- und auswärts fortzugehen, und bewirkt so die beschriebenen Erscheinungen. In der That zeigen sich nicht alle diese Erscheinungen, wenn man die Kugel in gröfserem Abstande vom Eisen hält, also in magnetische Curven bringt, die im Allgemeinen eine einfachere Richtung haben. Um den Einflufs der Kante zu entfernen, wurde auf das Ende des Eisenkerns ein Eisenkegel gesetzt; nun wurde die Wismuthkugel blofs über dem Scheitel des Kegels in die Höhe getrieben, dagegen auf- und auswärts, so wie sie sich mehr oder weniger zur Seite desselben befand; immer wurde sie von dem Pol in derjenigen Richtung fortgetrieben, welche sie am schnellsten aus stärkeren Punkten der magnetischen Kraft in schwächere versetzte.

2300) Kehren wir zu dem verticalen flachen Pol zurück. Als ein Wismuthstab horizontal, concentrisch und dicht neben dem Pol aufgehängt ward, konnte er in Bezug auf die Axe des Pols jegliche Lage annehmen, und zugleich hatte er ein Streben sich aufwärts oder von dem Pole ab zu bewegen. Lag der Drehpunkt etwas excentrisch, so drehte sich der Stab allmälig, bis er der den Drehpunkt mit der verlängerten Axe verbindenden Linie parallel war, und der Schwerpunkt bewegte sich einwärts. Wenn sein Drehpunkt eben aufserhalb des Randes der flachen kreisrunden Endfläche war und der Stab bildete einen gewissen

Winkel mit der radialen Linie, welche die Axe des Kerns mit dem Drehpunkt verband, so waren die Bewegungen des Stabes unsicher und schwankend. War der Winkel mit der radialen Linie geringer als zuvor, so bewegte sich der Stab zum Parallelismus mit dem Radius und ging einwärts; war der Winkel gröfser, so stellte sich der Stab winkelrecht gegen die radiale Linie und ging auswärts. Lag der Mittelpunkt noch mehr aufserhalb als im letzten Fall oder lag er herunter zur Seite des Kerns, so stellte sich der Stab immer winkelrecht auf den Radius und ging auswärts. Alle diese complicirten Bewegungen lassen sich leicht auf ihren elementaren Ursprung zurückführen, wenn man Rücksicht nimmt auf den Charakter der kreisrunden Kante (*circular angle*), welche das Ende des Kerns begränzt, auf die Richtung der von ihr und den übrigen Theilen des Pols ausgehenden Magnetkraftlinien, auf die Lage der verschiedenen Theile des Stabes in diesen Linien, und auf den Grundsatz, dafs jedes Theilchen auf dem nächsten Wege von *stärkeren* zu *schwächeren* Punkten der Magnetkraft zu gehen strebt.

2301) Das Wismuth wird gut gerichtet und abgestofsen (2296), wenn es in Wasser, Alkohol, Aether, Oel, Quecksilber etc. eingetaucht, auch wenn es in Gefäfse von Steingut, Glas, Kupfer, Blei etc. (2272) eingeschlossen oder durch 0,75 bis 1,0 Zoll dicke Schirme von Wismuth, Kupfer oder Blei geschützt ist. Selbst als man einen Wismuthwürfel (2266) in ein Eisengefäfs von 2,5 Zoll Durchmesser und 0,17 Zoll Dicke brachte, ward es gut und frei von dem Magnetpol abgestofsen.

2302) Es scheint auch keinen Unterschied in dem Charakter oder dem Grade seiner magnetischen Eigenschaft auszumachen (2283), ob das Wismuth in Einem Stück oder als sehr feines Pulver angewandt wird.

2303) Mit aufgehängten oder unter andere Umstände versetzten Massen und Stäben von Wismuth habe ich viele Versuche angestellt, um auszumitteln, ob zwei Stücke, welche gemeinschaftlich unter dem Einflufs der Magnetkräfte

standen, irgend eine anziehende oder abstofsende Wirkung auf einander ausübten; allein ich konnte keine Anzeige davon entdecken. Sie schienen vollkommen indifferent gegen einander zu seyn, und jedes strebte blofs von stärkeren Punkten der Magnetkraft zu schwächeren überzugehen. . .

2304) Papier, welches auf dem horizontalen kreisrunden Ende des verticalen Pols (2246) lag, wurde mit sehr fein gepülvertem Wismuth bestreut. So lange der Magnet nicht erregt war, konnte man auf das Papier tupfen, ohne dafs etwas besonderes geschah; war er aber in Thätigkeit versetzt, so zog sich das Pulver in zwei Richtungen, ein- und auswärts, von der über der Kante des Kerns befindlichen kreisrunden Linie fort, legte diesen Kreis blofs, und zeigte zugleich ein Streben in allen Richtungen von dieser Linie abwärts (2299).

2305) Endigte sich der Pol in einem Kegel (2246), so gab Papier, welches mit Wismuthpulver bestreut war, bei Hinwegziehung über die Spitze des Kegels, so lange der Magnet unthätig war, kein besonderes Resultat; war er aber thätig, so wurde durch diese Operation jeder über den Kegel kommende Punkt vom Pulver gesäubert, so dafs klare Linien in dem Pulver die Stellen bezeichneten, unter welchen der Pol fortgegangen war.

2306) Zwischen den Polen des gewöhnlichen Hufeisenmagneten stellte sich der Wismuthstab und ein Stab von Antimon aequatorial.

2307) Folgende Liste mag einen Begriff geben von der Reihe, nach welcher einige Metalle sich hinsichtlich dieser neuen Erscheinungen anordnen; doch bin ich nicht sicher, dafs sie vollkommen frei von magnetischen Metallen waren. Ueberdiefs giebt es gewisse andere Erscheinungen, welche der Magnetismus in seiner Wirkung auf Metalle hervorbringt (2309), welche mit der von der neuen Eigenschaft erzeugten sehr in Conflict gerathen:

Wismuth, Antimon, Zink Zinn, Kadmium, Quecksilber, Silber, Kupfer.

2308) Ich erinnere mich dunkel, dafs die Abstofsung

von Wismuth durch einen Magnet vor einigen Jahren beobachtet und beschrieben worden ist. Wenn dem so ist, so erhellt, daſs das, was damals als eine isolirt stehende Erscheinung betrachtet werden muſste, die Folge einer allgemeinen, allen Substanzen zukommenden Eigenschaft war [1]).

2309) Ich schreite nun zur Betrachtung einiger besonderen Erscheinungen, welche sich beim Kupfer und einigen anderen Metallen zeigen, wenn sie der Wirkung magnetischer Kräfte unterworfen werden, und welche die schon beschriebenen Effecte zu verdecken streben, so daſs sie Den, welcher sie nicht kennt, sehr in Verwirrung und Zweifel setzen. Ich will zunächst ihre Aeuſserlichkeiten beschreiben und dann zu ihrem Ursprung übergehen.

2310) Hängt man statt des Wismuthstabes (2296) einen Kupferstab von gleicher Gröſse zwischen den Polen auf (2247), und entwickelt deren Kraft im Moment, da der Stab eine schiefe Lage zwischen der axialen und aequatorialen Linie besitzt, so bemerkt man eine Einwirkung auf den Stab, doch nicht in der Art, daſs er sich in die aequa-

1) Hr. De la Rive hat mich dieser Tage auf die *Biblioth. univ.* 1829, *T. XL*, *p.* 82, verwiesen, wo sich findet, daſs der besagte Versuch Hrn. Le Baillif zu Paris angehört. Hr. Le Baillif zeigte vor 16 Jahren, daſs Wismuth und Antimon von der Magnetnadel abgestoſsen werden. Es muſs auffallen, daſs ein solcher Versuch so lange ohne weitere Resultate geblieben ist. Ich bin erfreut, diese Hinweisung noch vor dem Druck der gegenwärtigen Abhandlung geben zu können. Diejenigen, welche meine Aufsätze lesen, werden hier, wie bei manchen anderen Gelegenheiten, die Folgen eines immer schwächer werdenden Gedächtnisses erkennen; ich hoffe, daſs sie Entschuldigung finden, und daſs Unterlassungen und Irrthümer dieser Art als absichtslose angesehen werden. — M. F., 1845, Dec. 30. — [Die Beobachtung des Hrn. Le Baillif und ihre theilweise Bestätigung (was die Repulsion von Wismuth und Antimon betrifft) durch Hrn. Becquerel findet sich auch in diesen Annalen, Bd. 10, S. 507 und S. 293, an welchem letzteren Ort zugleich die schon von Brugmans beobachtete Repulsion des Wismuths (deren auch Hr. Faraday am Schlusse seiner im nächsten Hefte mitzutheilenden XXIsten Reihe von Untersuchungen erwähnt) in Erinnerung gebracht ist. *P.*]

toriale Linie zu stellen sucht; im Gegentheil geht er auf die axiale Lage zu, wie wenn er magnetisch wäre. Er setzt jedoch seine Bewegung nicht bis zur Ankunft in jener Lage fort, sondern hält rasch ein, ganz unähnlich einem vom Magnetismus erzeugten Effect, und kommt, ohne eine Schwingung zu machen, daselbst auf einmal zu einer todten Ruhe; diefs geschieht selbst wenn der Stab vermöge der Torsion oder einer anderen Ursache sich vorher mit einer Kraft bewegte, die ihn mehrmals im Kreise herumgedreht hätte. Diese Erscheinung steht im auffallenden Contrast mit der, welche sich bei Anwendung von Antimon, Wismuth, schwerem Glase und ähnlichen Körpern zeigt, und ist eben so fern von einem gewöhnlichen magnetischen Effect.

2311) Die Lage, welche der Stab angenommen hat, behauptet er mit einem bedeutenden Grad von Hartnäckigkeit, sobald die Magnetkraft unterhalten wird. Wird er aus ihr abgelenkt, so kehrt er nicht nur in sie zurück, sondern nimmt die neue Stellung in derselben Weise ein und beharrt in derselben eben so fest. Ein Stofs, der den Stab, wenn kein Magnetismus zugegen wäre, mehrmals im Kreise herumdrehen würde, bewegt ihn nur um 20° bis 30°. Diefs ist nicht der Fall beim Wismuth und schwerem Glase; sie schwingen frei im magnetischen Feld, und kehren immer in die aequatoriale Lage zurück.

2312) Die von dem Stabe angenommene Lage kann eine jegliche seyn. Im Augenblick der Erregung des Magnetismus bewegt sich der Stab ein wenig; allein davon abgesehen, kann er zuletzt in jeder erforderlichen Lage festgehalten werden. Selbst wenn er vermöge der Torsion (*or momentum*) mit bedeutender Kraft schwingt, kann er an jeder beliebigen Stelle zur Ruhe gebracht werden.

2313) Zwei Stellungen kann jedoch der Stab bei Anfang des Versuchs einnehmen, aus welchen der Magnetismus ihn nicht bewegt: die aequatoriale und die axiale. Befindet sich der Stab nahe mitten zwischen diesen, so wird er gewöhnlich bei erster Wirkung des Magneten sehr stark affi-

cirt; allein die Lage des stärksten Effects ist verschieden nach Form und Dimensionen der Magnetpole und des Stabes.

2314) Liegt das Centrum der Drehung in der axialen Linie, aber dem einen Pole nahe, so geschehen diese Bewegungen gut und sind in ihrer Richtung deutlich; liegt es aber in der aequatorialen Linie, an einer Seite der axialen Linie, so sind sie abgeändert, doch in einer Weise, die später leicht verständlich seyn wird.

2315) Nachdem wir so die Erscheinung während der Magnetkraft betrachtet haben, wollen wir sehen, was beim Verschwinden derselben geschieht; denn die Fortdauer derselben ändert nichts. Wenn, nachdem der Magnetismus zwei bis drei Secunden unterhalten worden, der elektrische Strom unterbrochen wird, so erfolgt augenblicklich eine starke Wirkung auf den Stab, welche wie ein Rückstofs (*revulsion*) aussieht (denn der Stab geht zurück in der Bewegung, welche er beim Schliefsen der Kette auf einem Moment annahm) allein mit solcher Gewalt, dafs wenn er vielleicht 15° bis 20° vorgerückt ist, der Rücksprung manchmal zwei bis drei ganze Umdrehungen beträgt.

2316) Schweres Glas und Wismuth zeigen dergleichen Erscheinungen nicht.

2317) Wird, während der Stab sich rückwärts dreht, der elektrische Strom am Magneten erneut, so steht der Stab sogleich still, die früheren Erscheinungen und Resultate zeigend (2310), und wenn man dann die Magnetkraft unterdrückt, wird er abermals ergriffen, und nun natürlich in entgegengesetzter Richtung zu dem früheren Rückgang.

2318) Wird der Stab in der aequatorialen oder axialen Lage von der Magnetkraft gefafst, so erfolgt kein Rücksprung, dagegen wiederum einer, wenn man ihn gegen diese Lagen neigt, und die Stellen, welche in dieser Beziehung am wirksamsten sind, scheinen die für das erste kurze Vorrücken günstigsten zu seyn (2313). Befindet sich der Stab in einer Lage, in welcher ein starker Rückgang erfolgen würde, und wird er nun bei unterhaltenem Magnetismus mit der Hand in die aequatoriale oder axiale Lage gedreht, so

findet, bei Aufhebung der magnetischen Kraft, kein Rücksprung (*revulsion*) statt.

2319) Wird der elektrische Strom, und demgemäfs der Magnetismus nur einen Moment unterhalten, so ist der Rücksprung nur sehr gering; er ist desto geringer, je kürzer die Dauer der Magnetkraft ist. Unterhält man die Magnetkraft zwei bis drei Secunden, unterbricht sie dann und erneut sie *augenblicklich*, so wird der Stab entfesselt, und wieder von der Kraft gefafst, ehe er seinen Ort merklich ändert; und nun läfst sich beobachten, dafs er bei *Erneuung* der Kraft nicht vorrückt, wie er es gethan haben würde, wenn er bei erster Schliefsung an jenem Ort ergriffen wäre (2310), d. h. macht der Stab einen gewissen Winkel gegen die axiale Lage, so wird der erste Hinzutritt der Magnetkraft ihn dieser Lage näher bringen; befindet sich aber der Stab in derselben Stellung, und wird die Magnetkraft unterbrochen und *augenblicklich* erneut, so setzt der zweite Hinzutritt der Kraft den Stab nicht in Bewegung, wie er es zuerst that.

2320) Bei Eintauchung des Kupferstabes in Wasser, Alkohol und Quecksilber finden dieselben Erscheinungen statt wie in der Luft, aber die Bewegungen sind natürlich nicht so grofs.

2321) Auch Platten von Kupfer oder Wismuth, einen Zoll dick, zwischen die Pole und den Kupferstab eingeschoben, ändern nichts an den Resultaten.

2322) Bei Anwendung von nur einem Pol treten die Effecte so gut auf wie zuvor, sobald nur der Pol im Verhältnifs zu dem Stab eine so grofse Fläche hat wie das Ende des Eisenkerns (2246). Ist aber der Pol durch die Aufsetzung des Kegels zugespitzt oder befindet sich der Stab gegenüber der Endkante des Kerns, so sind die Erscheinungen sehr schwach oder gänzlich verschwindend, und es bleibt blofs die allgemeine Thatsache der Abstofsung (2295).

2323) Die eben beschriebenen eigenthümlichen Effecte zeigen sich vielleicht noch auffallender, wenn der Kupferstab lothrecht aufgehängt wird, und zwar gegenüber oder

nahe der grofsen Fläche eines einzelnen Magnetpols, oder, wenn der Pol, wie beschrieben (2246. 2263), vertical gestellt wird, irgendwo nahe an seiner Seite. Der Stab ist, wie man sich erinnern wird, 2 Zoll lang, 0,33 Zoll breit und 0,2 Zoll dick, und da er sich nun um eine seiner Länge parallele Axe dreht, so sind es die beiden kleineren Dimensionen, welche sich in die neuen Lagen zu drehen bereit stehen. In diesem Falle bewirkt die Entwicklung der Magnetkraft eine kleine Drehung des Stabes, übereinstimmend mit den zuvor beschriebenen Effecten, und die Aufhebung der Magnetkraft veranlafst einen Rücksprung, welcher den Stab mehrmals um seine Axe dreht. Allein in jedem Moment kann der Stab wie zuvor wieder gefafst und in seiner Stellung angehalten werden. Beim Schliefsen der Batterie zeigt sich eine Tendenz, die gröfsere Querdimension, d. h. die Breite des Stabes, parallel zu stellen der Linie, welche die Mitte der Wirkung des Magneten mit dem Stabe verknüpft.

2324) Der Stab ist, wie zuvor (2311), was die Drehung um seine Axe betrifft, äufserst träge, wie wenn er in ein dichteres Mittel getaucht wäre; allein diese Trägheit afficirt nicht den Stab als Ganzes, denn jede Pendelschwingung, die er besitzt, fährt unverändert fort. Sehr sonderbar macht es sich, einen um seinen Aufhängpunkt schwingenden (2249) und zugleich um seine Axe sich drehenden Stab zu sehen, wenn er zuerst von der Magnetkraft ergriffen wird, denn augenblicklich hört die letztere Bewegung auf, während die erstere in unveränderter Stärke fortbesteht.

2325) Dieselbe Trägheit findet sich bei einem Würfel oder einer Kugel von Kupfer; allein die Erscheinungen der ersten Drehung und des Rücksprungs hören auf (2310. 2315).

2326) Stäbe von Wismuth und schwerem Glase zeigen nichts der Art. Die eigenthümlichen Erscheinungen beim Kupfer sind von denen bei diesen Substanzen eben so verschieden als von den gewöhnlichen magnetischen Vorgängen.

2327) Was die Ursache dieser Effecte betrifft, so scheint

mir, dafs sie abhängen von dem vortrefflichen Leitvermögen des Kupfers für elektrische Ströme, von dem *allmäligen* Entwickeln und Verschwinden der magnetischen Kraft im Eisenkern des Elektromagneten und von der Erregung jener inducirten magneto-elektrischen Ströme, welche ich in der ersten Reihe dieser Experimental-Untersuchungen (55. 109) beschrieben habe.

2328) Die Vernichtung der Bewegung um die eigene Axe, welche der den Magnetkräften unterworfene Stab zeigt, kommt auch einer Kugel und einem Würfel zu. Sie ist diesen Körpern jedoch nur dann eigen, wenn ihre Drehungsaxen winkelrecht oder schief gegen die Magnetkraftlinien sind, nicht aber wenn sie ihr parallel sind; denn der horizontale oder verticale Stab, der Würfel oder die Kugel drehen sich mit vollkommener Leichtigkeit, wenn sie *über* dem verticalen Pol (2246) aufgehängt sind; die Drehung und Schwingung geschehen dann eben so frei und in derselben Weise wie die entsprechenden Bewegungen des Wismuths oder schweren Glases. Ihre Vernichtung gelangt zum Maximum, wenn die Drehungsaxe winkelrecht auf den Magnetkraftlinien ist, und wenn der Stab, Würfel u. s. w. sich dem Pole nahe befindet.

2329) Ohne sehr in's Einzelne zu gehen, kann ich sagen, dafs die Erscheinung vollständig durch die in der Kupfermasse inducirten elektrischen Ströme erklärt wird. Aus der zweiten Reihe dieser Untersuchungen (160) [1]) wird erhellen, dafs wenn eine Kugel, die der Wirkung der Magnetkraftlinien unterworfen ist, sich um eine auf diesen Linien winkelrechte Axe dreht, ein elektrischer Strom in einer der Rotationsaxe parallelen Ebene auf ihr herumläuft, und folglich in ihr eine magnetische Axe erzeugt wird, die gegen die Curven des inducirenden Magneten rechtwinklich ist. Die Magnetpole dieser Axe liegen also in derjenigen Richtung, welche, vereint mit dem Haupt-Magnetpol, die Kugel zurückzuziehen sucht, entgegen der Richtung, in welcher sie rotirt. Wenn demnach ein Stück Kupfer vor

1) *Philosoph. Transact.* 1832, *p.* 168. (Ann. Bd. 25, S. 148.)

einem Nordpol rotirt, so daſs die dem Pole nächsten Theile sich nach der Rechten bewegen, so wird die rechte Seite des Kupfers im süd-magnetischen Zustand seyn, und die linke im nord-magnetischen; und diese Zustände werden der rechts gewandten Bewegung des Kupfers entgegen zu wirken streben; wenn sie in umgekehrter Richtung rotirt, wird die rechte Seite den süd-magnetischen Zustand besitzen, und die linke den nord-magnetischen. In welcher Richtung also das Kupfer um seine Axe rotiren möge, so wird doch, im Augenblick wo es sich zu bewegen anfängt, eine Kraft in solcher Richtung erregt, daſs sie die Bewegung zu hemmen und zur Ruhe zu bringen trachtet. Sobald sie in Bezug auf diese Bewegungsrichtung in Ruhe ist, giebt es keinen Effect mehr, welcher sie zu stören sucht, und sie verbleibt also in Ruhe.

2330) Wenn die ganze Masse sich selber parallel bewegt, und im Vergleich zur Fläche des ihr gegenüberstehenden Pols klein ist, so geht sie zwar durch Magnetkraftlinien, die magneto-elektrische Ströme in ihr hervorzurufen trachten, allein da alle Theile sich mit gleicher Schnelligkeit und in gleicher Richtung durch einander ähnliche Magnetkraftlinien bewegen, so ist das Streben zur Bildung eines Stroms in jedem Theile gleich; es findet keine wirkliche Stromerzeugung statt, und folglich tritt nichts ein, was irgendwie die Freiheit der Bewegung beeinträchtigen könnte. Das ist der Grund, weshalb die Drehung des Stabes oder Würfels um seine eigene Axe vernichtet wird (2324. 2328), seine Pendelschwingung aber unangetastet bleibt.

2331) Daſs weder die eine noch die andere Bewegung gestört wird, wenn der Stab oder Würfel sich über dem verticalen Pol befindet (2328), ist einfach Folge davon, daſs in beiden Fällen (bei den gegebenen Dimensionen des Pols und des bewegenden Metalls) die Linien der Theilchen, durch welche hin die inducirten Ströme sich zu bewegen suchen, in der ganzen Masse einander parallel sind; da es keinen Theil giebt, durch welchen der Strom zurückkehren kann, so vermag sich also auch kein Strom zu bilden.

2332) Ehe ich zur Erklärung der übrigen Erscheinungen schreite, wird es nöthig seyn, eine allgemein anerkannte Thatsache hervorzuheben, nämlich die, dafs zur Entwicklung von Magnetismus in einem Eisenkern durch einen elektrischen Strom und eben so zum Verschwinden desselben nach Aufhebung des Stroms Zeit erforderlich ist. Eine Wirkung dieses allmäligen Steigens der Kraft ward noch in der letzten Reihe dieser Untersuchungen (2170) angeführt. Diese Zeit ist wahrscheinlich länger bei einem nicht wohl geschmeidigem Eisen, als bei einem, welches es sehr gut und vollkommen ist. Die letzten Portionen von Magnetismus, welche ein gegebener Strom in einem gewissen Eisenkern entwickeln kann, werden anscheinend langsamer erlangt als die ersten; und diese Portionen (oder der sie bedingende Zustand des Eisens) scheinen auch langsamer verloren zu werden als die übrigen. Wenn die Batterie nur für einen Augenblick geschlossen wird, verschwindet der durch den Strom entwickelte Magnetismus so augenblicklich bei Aufhebung des Stroms, als er bei Bildung desselben zum Vorschein kam. Wenn aber die Schliefsung drei bis vier Secunden unterhalten wird, ist die Aufhebung des Stroms keineswegs von einem gleich raschen Verschwinden des Magnetismus begleitet.

2333) Um die eigenthümliche Erscheinung beim Kupfer weiter zu verfolgen und auf ihre Ursache zurückzuführen, wollen wir den Zustand des horizontalen Stabes (2310. 2313) betrachten, wenn er sich in aequatorialer Lage zwischen den beiden Magnetpolen oder vor einem derselben befindet, dabei den Drehpunkt in einer Linie mit der Axe des Pols und seiner erregenden Drahtschraube gedacht. So wie der elektrische Strom durch diese Schraube gesandt wird, erregt sowohl sie als der von ihr erzeugte Magnet Ströme von entgegengesetzter Richtung in dem Kupferstab. Diefs geht aus meinen früheren Untersuchungen hervor (26) und läfst sich erweisen, wenn man einen kleinen oder grofsen schraubenförmigen Draht von der Gestalt des Stabes anwendet, und die in ihm erzeugten Ströme mittelst Drähte

zu einem entfernten Galvanometer führt. Solche Ströme sind im Kupfer nur so lange vorhanden, als der Magnetismus des Kernes zunimmt, und dann hören sie auf (1839); allein *während* ihres Daseyns geben sie der, einem gewissen Pole gegenüberliegenden Seite des Kupferstabes eine wirkliche magnetische Polarität, und zwar von gleicher Art mit der jenes Pols. So wird an der dem Nordpol des Magneten zugewandten Seite des Stabes eine Nordpolarität, an der dem Südpol zugewandten eine Südpolarität entwickelt.

2334) Leicht ersichtlich ist, dafs dieser Vorgang, wenn das Kupfer während dieser Zeit nur einem Pole gegenüberliegt, oder, falls es zwischen beiden Polen befindlich, dem einen näher als dem andern ist, eine Abstofsung erzeugen mufs. Doch kann er den ganzen Betrag der beim Kupfer sowohl als beim Wismuth beobachteten Abstofsung (2295) nicht erklären, weil die Ströme nur von momentaner Dauer sind, und mit ihnen die durch sie bewirkte Abstofsung verschwinden würde. Sie bewirken jedoch einen kurzen repulsiven Impuls, und aus diesem entspringt hauptsächlich der erste Theil des eigenthümlichen Effects.

2335) Denn wenn der Kupferstab, statt der Seite des Magnetpols parallel und folglich gegen die Resultante der Magnetkraft rechtwinklich zu seyn, geneigt liegt, z. B. einen Winkel von 45° mit der Seite bildet, so bewegen sich die Ströme im Allgemeinen in einer diesem Winkel mehr oder weniger entsprechenden Ebene, wie sie es nahezu in dem Probe-Schraubendraht (2333) thun, wenn dieser in gleicher Weise geneigt ist. Diefs versetzt die Polaraxe des Kupferstabes auf die eine Seite, so dafs die Nordpolarität nicht direct dem Nordpol des inducirenden Magnets gegenüberliegt, und deshalb wird die Wirkung sowohl dieses als des anderen Magnetpols auf die beiden Polaritäten des Kupfers dahin gehen, dafs sie dieses weiter herumdreht oder der Länge nach (*edgeways*) gegen die Pole oder mit der Breite parallel der durch sie hingehenden magnetischen Resultante (2323) stellt; der Stab empfängt daher einen

Impuls, und die dem Magnete nächste Ecke desselben scheint gegen den Magnet gezogen zu werden. Diese Wirkung hört natürlich auf im Moment, da der Magnetismus des Eisenkerns zu wachsen aufhört; dann verschwindet die aus dieser Ursache entspringende Bewegung, und das Kupfer ist bloſs der zuvor (2295) beschriebenen Wirkung unterworfen. Zu gleicher Zeit, da diese kleine Rückdrehung um den Aufhängepunkt erfolgt, wird der Schwerpunkt der ganzen Masse abgestoſsen, und so glaube ich sind alle Umstände dieser Erscheinung erklärt.

2336) Es kommt nun noch der Rücksprung (*revulsion*) in Betracht, der beim Verschwinden des Stromes und beim Abnehmen des Magnetismus erfolgt. Gemäſs dem Gesetz der magneto-elektrischen Induction wird das Verschwinden der Magnetkraft kurze Ströme in dem Kupferstab induciren (28) von entgegengesetzter Richtung mit den zuerst inducirten; deshalb wird der wirkliche Magnetpol des Kupfers im Moment, da es dem Nordende des Elektromagneten am nächsten ist, ein Südpol seyn, und der von demselben Magnetpol am fernsten wird ein Nordpol seyn. Daraus entsteht eine Wirkung auf den Stab, die ihn um seinen Aufhängepunkt entgegengesetzt der früheren Richtung zu drehen sucht, und dieſs bewirkt den Rücksprung; denn die dem Magnetpol nächste Ecke wird von ihm zurückweichen, die breite Fläche (2323) oder Länge (2315) des Stabes wird herumkommen und sich dem Magnet zuwenden, und eine in jeder Beziehung umgekehrte Wirkung gegen die erste wird eintreten, ausgenommen daſs wenn zuvor die Bewegung nur einige wenige Grade betrug, sie nun zu zwei oder drei ganzen Umdrehungen ausgedehnt ist.

2337) Die Ursache dieser Verschiedenheit ist einleuchtend. Im ersten Falle bewegte der Kupferstab sich unter Einflüssen, die kräftig zu seiner Verzögerung und Hemmung strebten (2329); im zweiten Falle sind diese Einflüsse fort, und der Stab dreht sich frei mit einer Kraft proportional mit der Kraft, welche der Magnet auf die von ihm selbst inducirten Ströme ausübt.

2338) Selbst wenn das Kupfer so gestaltet ist, dafs es aus den in ihm inducirten Ströme nicht die schiefe Resultante der magnetischen Wirkung giebt, wenn es z. B. einen Würfel oder eine Kugel darstellt, mufs die oben beschriebene Wirkung eintreten (2325). Als man eine Kupferplatte von etwa 0,75 Zoll Dicke und 2 Pfund Gewicht auf einige lose Holzstücke legte, ungefähr 0,1 Zoll von der Fläche des Magnetpols ab, wurde sie beim Schliefsen und Geschlossenseyn der Batterie abgestofsen, und in einer gewissen Entfernung gehalten, und als die Batterie geöffnet wurde, kehrte sie zu dem Pole zurück. Allein die Rückkehr war viel kräftiger als die allein aus der Schwere entspringende (wie durch einen Versuch ermittelt wurde), indem die Platte in dem Moment wirklich *angezogen* ward, so gut wie sie vermöge der Schwere zu dem Pol strebte, was ihr denn einen starken Impuls gegen diesen hin gab.

2339) Diefs ist, glaube ich, die Erklärung der eigenthümlichen Erscheinungen beim Kupfer im magnetischen Felde; und der Grund, weshalb sie bei diesem Metall, und nicht beim Wismuth oder schweren Glase auftreten, liegt fast sicher in dem hohen Leitungsvermögen desselben, welches in ihm die Bildung von Strömen durch inductive Kräfte gestattete, die im Wismuth nicht in entsprechendem Grade und im schweren Glase gar nicht entstehen können.

2340) Jeder Grad von gewöhnlichem Magnetismus, entspringe er aus der eigenen Natur des Metalls oder aus dem Gehalte kleiner Portionen magnetischer Metalle, mufs sich der Entfaltung der eben beschriebenen Resultate widersetzen, und daher können Metalle von nicht absoluter Reinheit in dieser Beziehung nicht mit einander verglichen werden. Defsungeachtet habe ich dieselben Erscheinungen bei anderen Metallen beobachtet, und, was die Trägheit der rotatorischen Bewegung betrifft, sie selbst bis zum Wismuth verfolgt. Folgendes sind die Metalle, welche die Erscheinung in gröfserem oder geringerem Grade zeigten:

Kupfer, *Silber*, *Gold* *Kadmium*, *Zinn*, *Quecksilber*, *Platin*, *Palladium*, *Blei*, *Antimon*, *Wismuth*.

2341) Die Uebereinstimmung dieser Erscheinungen mit der schönen Entdeckung Arago's 1), mit den Resultaten der Versuche von Herschel und Babbage 2) und mit meinen eigenen früheren Untersuchungen (81) 3) ist sehr einleuchtend. Ob die von Hrn. Ampère bei einem Kupfercylinder und einem Schraubendraht beobachtete Erscheinung 4) von dieser Natur war, vermag ich nicht zu entscheiden, da die Umstände des Versuchs und die Stärke des Apparats nicht hinreichend angegeben sind; wahrscheinlich war es aber der Fall.

2342) Da wegen anderer Geschäfte wohl drei bis vier Wochen verstreichen mögen, ehe ich im Stande seyn werde die Prüfung gewisser Versuche und Schlüsse zu vollenden, so übergebe ich einstweilen diese Resultate der K. Gesellschaft zur Beachtung, und werde den Bericht von der Wirkung der Magnete auf magnetische Metalle, auf Gase und Dämpfe, so wie die allgemeinen Betrachtungen in einer anderen Reihe dieser Untersuchungen zusammenstellen.

Royal Institution, 1845, Nov. 27.

1) *Ann. de chim. et de phys. XXVII*, p. 363; *XXVIII*, p. 325; *XXXII*, p. 213. (Ann. Bd. 3, S. 343; Bd. 7, S. 385; Bd. 8, S. 517). — Mit grofsem Vergnügen verweise ich hier auf die *Compt. rend.* vom 9. Juni 1845, aus denen erhellt, dafs es Hr. Arago war, der zuerst seine eigenthümlichen Resultate durch Anwendung von Elektromagneten sowohl als von gewöhnlichen Magneten erhielt.

2) *Philosoph. Transact.* 1825, p. 467.

3) *Philosoph. Transact.* 1832, p. 146. (Ann. Bd. 25, S. 120.)

4) *Biblioth. univers. T. XXI*, p. 48. (Ann. Bd. 24, S. 614.)

II.

II. *Ueber die Magnetisirung der Stahlnadeln durch den Entladungsfunken einer elektrischen Batterie; von Hankel.*

Zweite Abhandlung.

Im 65. Bande dieser Annalen (S. 537 ff.) habe ich einige Versuche über die Magnetisirung der Stahlnadeln durch die Entladung einer elektrischen Batterie mitgetheilt. Ich mufste mich in dieser Abhandlung mit der Angabe der allgemeinen Thatsachen begnügen, weil es mir wegen Mangels an Zeit nicht möglich war die einzelnen Gesetze genauer zu erforschen. Diese Lücke meiner ersten Mittheilung hoffe ich zum Theil durch diese zweite auszufüllen. Ich werde in derselben besonders folgende Punkte näher zu erörtern suchen:

1) Die Anzahl und Aufeinanderfolge der Wechsel in der Lage der magnetischen Pole.
2) Die Einwirkung verschiedener Spiralen.
3) Die Einwirkung des Schliefsungsdrahts auf sich selbst.
4) Den Einflufs der Dicke der Nadeln.
5) Den Einflufs der Oberfläche der Batterie.
6) Die Aenderungen der Wechsel durch eingeschaltete Widerstände.
7) Den besonderen, von der Leitungsfähigkeit gänzlich verschiedenen Einflufs einzelner Metalle, nebst einigen vorläufigen Bemerkungen über diese als Interferenzphänomen sich darstellende Erscheinung.

Die Versuche wurden im Allgemeinen ganz auf dieselbe Weise angestellt, wie früher (Bd. 65, S. 542). Die auf vier Glasstäben isolirte Batterie enthält in den folgenden Versuchen, wenn keine nähere Angabe gemacht ist, stets neun ziemlich grofse Flaschen. Als Maafsflasche für die von der Aufsenseite der Batterie entweichende Elektricität diente eine neu angefertigte Lane'sche Entladungsflasche,

deren Kugeln in bestimmter Entfernung befestigt waren. Es sind deshalb die in dieser zweiten Abhandlung angegebenen Elektricitätsmengen nicht mit den früheren zu vergleichen.

Als Magnetisirungsspirale wirkte jetzt eine Silberdrahtspirale von so engen Windungen, dafs 31 Windungen die in dieselbe eingeschobene Nadel bedeckten; die ganze Spirale hatte 57 Windungen, so dafs 13 Windungen an jedem Ende die Nadel überragten; die Dicke des Silberdrahts betrug 0,5414 Mm. Um den Draht völlig gleichmäfsig aufzuwinden, wurden zwei gleich dicke Silberdrähte zu gleicher Zeit auf eine Glasröhre von 6,53 Mm. äufserem Durchmesser dicht aufgewunden, und sobald ein hinreichend langes Stück der Spirale gebildet war, nur die Enden des einen Drahts auf der Glasröhre befestigt. Darauf wurde der zweite Draht zwischen den Windungen des ersten herausgewickelt, so dafs dann der erste Draht in völlig regelmäfsigen Windungen, die um seine eigene Dicke von einander abstanden, die Nadel umgab.

Alle Verbindungen der Drähte wurden jetzt durch Zusammenlöthen bewerkstelligt; es geht das Löthen mittelst Chlorzink in der Flamme der Spirituslampe eben so leicht und schnell, als die Verbindung durch Klemmen oder Schrauben. Nur an einer einzigen Stelle fand noch ein Zusammenpressen statt; die untere Kugel des Entladers legte sich nämlich beim Herablassen in eine flache Vertiefung einer mit dem äufseren Beleg in Verbindung stehenden Kugel. Um diese Berührung noch inniger zu machen, wurde nach dem Niederlassen stets eine aus starkem Eisendraht gefertigte klemmende Feder über beide Kugeln geschoben; erst dann erfolgte das Niederlassen der oberen Kugel des Entladers mittelst einer in der Hand gehaltenen seidenen Schnur. Diese obere Kugel wurde der Kugel der Batterie stets nur bis zum Ueberschlagen des Funkens, aber nicht bis zur Berührung genähert. Es ist die in den nachfolgenden Versuchen angegebene Elektricitätsmenge also nicht ganz durch die Spirale gegangen, sondern nur der mit ihr ziemlich proportionale, in der Schlagweite vernichtete Theil (nach Riefs

ungefähr $\frac{1}{15}$); bei geringen Ladungen, bei welchen die Schlagweite sehr klein ist, kann aber auch wohl bisweilen eine Berührung der Kugeln unbemerkt geblieben seyn. — Die Verbindungen der Kugeln der einzelnen Flaschen mit der grofsen Kugel der mittelsten Flasche wurden durch eingeschobene Messingröhren, welche nur durch ihre eigene Schwere sich an die Kugeln andrückten, bewirkt; es hat indefs diese Einrichtung keinen Einflufs auf die Versuche gehabt. Obwohl die Batterie, um sie zu reinigen oder an einen andern Ort zu transportiren, öfter auseinandergenommen wurde, so waren dennoch nach der Zusammensetzung die Erscheinungen stets wieder dieselben.

Die gewöhnlich gebrauchten Nadeln sind die schon in der ersten Abhandlung erwähnten (R. Hemming et Son's *genuine old patent, sharps No.* 7), und sie sind stets gemeint, wo in den folgenden Versuchen nichts Näheres über die Nadeln angegeben worden ist.

1. Die Anzahl und Aufeinanderfolge der Wechsel in der Lage der magnetischen Pole.

Die früher mitgetheilten Versuche hatten mich darauf aufmerksam gemacht, dafs nur eine sehr genaue und in's Einzelne gehende Untersuchung alle die verschiedenen Abänderungen und Wechsel in der Polarität der Nadeln bei immer steigender Batterieladung deutlich zeigen könne, weshalb es nothwendig wurde, die Ladungen der Batterie stets nur um kleine Elektricitätsmengen zu vermehren, und den Magnetismus der Nadel durch die Messung der Zeit, welche die Nadel zu einer festgesetzten Anzahl Schwingungen (30 Schwingungen) gebrauchte, genau zu bestimmen. Wenn nun auch die früheren Versuche schon eine Reihe von Wechseln in der Polarität bemerklich gemacht haben [1]), so ergiebt sich doch aus den nachher mitzutheilenden, dafs die Anzahl dieser Perioden bedeutend gröfser ist, und zugleich

1) Es wurden in einem Falle, während die Ladung von 0 bis gegen 90 (gemessen nach der jetzigen Maafsflasche) stieg, sieben negative Perioden beobachtet (Bd. 65 dieser Annalen, S. 554).

dafs diese Perioden der normalen und anomalen Magnetisirung in regelmäfsigen Intervallen auf einander folgen. Aber auch bei stets nur um die Einheit der Maafsflasche steigender Batterieladung gelingt es noch nicht immer, die anomalen Perioden genau zu treffen; in solchen Fällen wird die Stahlnadel nicht anomal, sondern schwach normal magnetisirt sich zeigen. Es sind dann diese Schwächungen der normalen Polarität gleichbedeutend mit den anomalen Perioden.

Uebrigens ist es nicht einmal in jedem dieser Fälle nöthig anzunehmen, dafs die für die anomale Polarisirung nöthige Elektricitätsmenge nicht genau getroffen worden sey; öfter ist die anomale Periode wirklich in eine schwache normale umgewandelt, und zwar in Folge der schon eingeschalteten Drahtlängen, ohne die ja überhaupt keiner dieser Versuche möglich ist. Aufser der Silberspirale von 57 Windungen und dem Entlader befanden sich in dem kürzesten Schliefsungskreise noch 2,63 Meter 1,2966 Mm. dicker Kupferdraht. Dafs aber die Einschaltung von Drähten auch auf diese Weise die Perioden umändert, wird sich aus den späteren Versuchen unter VI. hinlänglich ergeben. So gelingt es namentlich durchaus nicht, anstatt der geschwächten normalen Magnetisirungen bei den sehr geringen Ladungen 3 und 6, die ihnen entsprechenden anomalen zu erhalten; könnte man ohne alle Drähte untersuchen, so würden sie sich als solche ergeben.

Ich habe wiederholte Versuche angestellt, um bei der erwähnten kürzesten Drahteinschaltung die Lage der anomalen oder der gleichbedeutenden schwach normalen Perioden zu bestimmen, und aus allen diesen Versuchen das Resultat gewonnen, dafs dieselben für die Nadeln No. 7 sich finden bei den Ladungen der Batterie (aus 9 Flaschen), deren Stärke durch folgende Zahlen bezeichnet wird:

3. 6. 9. 11. 14. 16. 18. 21. 23. 26. 29. 32. 36. 40 etc.

Man sieht, dafs diese Wechsel in der Polarität regelmäfsig wiederkehren. Diese Regelmäfsigkeit hätte sich durch Einführung von Bruchwerthen noch schärfer darlegen lassen;

ich vermied dieselben aber absichtlich, da ich sie nicht genau messen, sondern nur abschätzen konnte. — Die Intervalle nehmen bei steigender Ladung etwas zu; es könnte dieses andeuten, dafs die Elektricität durch die erhöhte Spannung eine ähnliche Aenderung erlitte, wie die aus heifseren Wärmequellen ausstrahlende Wärme. Durch einen Verlust, den die in der Batterie angehäufte Elektricität in um so stärkerem Grade erlitten hätte, je gröfser die Spannung derselben gewesen, läfst sich jedoch diese Erscheinung ebenfalls erklären. Die während der Ladung der Batterie nach aufsen in die Luft entwichene Quantität kann freilich von keinem Einflufs seyn, da sie gar nicht in die Maafsflasche gelangt, eben so wenig wie ein Verlust von freier positiver Elektricität an der Aufsenseite der Batterie. Letzterer mufs stets der Elektricitätsmenge proportional seyn, weil nach jeder Entladung der Maafsflasche die Aufsenseite der Batterie wieder auf den anfänglichen Zustand zurückkehrt. Wenn aber während der Ladung ein Theil der positiven Elektricität des inneren Belegs sich mit einem entsprechenden negativen auf der äufseren Belegung über den Rand der Flaschen hinweg verbindet, so ist diefs ein Verlust, der mit steigender Spannung sich offenbar vermehren wird, und deshalb wohl die obige Erscheinung veranlafst.

Statt aller von mir angestellten Versuche diene zum Beweise des Obigen gleich die erste Versuchsreihe, die ich mit der Spirale (bei welcher 31 Windungen die Nadel No. 7 bedecken) angestellt habe. Die Zahlenwerthe derselben sollen gleich in dem folgenden zweiten Abschnitte mitgetheilt werden, um sie dort mit den durch andere Spiralen gewonnenen Resultaten zusammenzustellen und deren Uebersicht zu erleichtern. Bequemer läfst sich diese regelmäfsige Aufeinanderfolge der Wechsel auf der beigefügten Zeichnung, Tafel IV (Curve I und XXXIV), übersehen. Die erste Curve zur Linken, welche vor ihrem Anfange die Worte »*ohne Einschaltung*« trägt, stellt nämlich die so eben erwähnten Resultate der ersten Versuchsreihe graphisch dar.

Wird die durch den Anfangspunkt dieser gebrochenen Linie (Curve) gehende horizontale gerade Linie als Abscissenaxe betrachtet, auf welcher die Stärke der Batterieladungen gezählt wird, wie sie die in der obersten Reihe stehenden Zahlen angeben, so bedeutet die Gröfse der Ordinate in dem entsprechenden Punkte die Stärke der magnetischen Polarität der Nadel. Die positive Lage dieser Ordinate (nach oben) deutet normale Polarität, die negative (nach unten) dagegen anomale Polarität an. In dieser Versuchsreihe fehlt der Wechsel bei der Ladung 23, und die beiden Wechsel bei 4 und 6 erscheinen zu einem einzigen vereinigt, was auch sonst vorkommt, und eine Folge des schon vorhandenen Drahtwiderstands ist. Es scheint mir folglich die Mittheilung dieser einen Versuchsreihe für diesen Fall zu genügen, zumal da andere später mitzutheilende Versuche dieselbe durchaus bestätigen und ergänzen, wie z. B. gleich in der zweiten, unter der vorigen befindlichen Curve der Wechsel bei 23 wirklich vorhanden ist, zum klaren Beweise, dafs derselbe bei dem ersten Versuche nur übersprungen wurde.

Es hat sich also ergeben, dafs *die Wechsel der der Anzahl nach unbegränzten normalen und anomalen Perioden in regelmäfsigen Intervallen aufeinanderfolgen.*

II. Die Einwirkung verschiedener Spiralen.

Um den Einflufs der Anzahl der auf die Nadel wirkenden Spiralwindungen zu bestimmen, wurden nach einander drei Versuchsreihen mit drei verschiedenen Spiralen von Silberdraht angestellt. In der ersten (der schon vorhin erwähnten) Spirale bedeckten 31 Windungen die Nadel No. 7, in der zweiten 28, und in der dritten $11\frac{1}{2}$ Windungen. Die Versuche ergeben für die Zeit, welche die durch die voranstehenden Ladungen magnetisirten Nadeln zu 30 Schwingungen gebrauchten, folgende Werthe:

Spirale 1.			Spirale 2.			Spirale 3.		
Ladung	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. Pole.	Ladung	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. Pole.	Ladung	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. P.
1	1' 1"	+	1	0' 37"	+	2	0' 59"	+
2	0 36	+	2	0 45	+	4	1 4	+
3	0 44	+	3	1 30	+	6	0 52	+
4	0 50	+	4	0 47	+	8	0 45	+
5	0 45	+	5	0 45	+	10	0 45	+
6	0 42	+	6	0 37	+	12	0 50	+
7	0 38	+	7	0 40	+	14	1 0	+
8	0 44	+	8	0 53	+	16	0 47	+
9	1 15	+	9	0 49	+	18	0 58	+
10	1 10	+	10	1 0	+	20	0 48	+
11	1 35	—	11	0 43	+	22	0 54	+
12	0 47	+	12	0 46	+	24	0 55	+
13	0 50	+	13	3 45	+	26	0 58	+
14	1 0	+	14	0 46	+	28	1 7	+
15	0 50	+	15	1 5	+	30	1 20	+
16	2 10	+	16	0 52	+	32	2 34	—
17	1 15	+	17	0 50	+	34	1 9	+
18	1 40	—	18	1 44	—	36	1 30	+
19	0 52	+	19	1 30	—	38	3 0	+
20	4 40	+	20	1 30	+	40	1 50	+
21	1 16	—	21	1 38	+	42	1 30	+
22	2 45	+	22	1 12	+	44	3 45	+
23	2 0	+	23	1 25	+	46	1 50	+
24	0 55	+	24	1 15	+	48	1 50	+
25	1 40	+	25	1 25	+	50	1 40	+
26	1 7	—	26	∞	0	54	∞	0
27	0 58	+	27	1 50	—	58	2 10	+
28	2 10	—	28	2 10	—	62	2 0	+
29	1 50	—	29	1 10	+	66	2 16	+
30	1 40	+	30	1 38	+			
31	∞	0	32	1 50	—			
32	1 50	—						
33	1 30	+	34	0 55	+			
34	1 26	—						
35	3 0	—	36	∞	0			
36	3 0	—	38	0 40	+			
37	2 10	+						
38	1 0	+	40	1 17	+			
39	∞	0						
40	1 32	—	42	∞	0			
			44	2 20	—			
			46	1 15	—			
			48	1 3	+			
			50	2 10	—			

Da 31 Windungen die Nadel in der ersten Spirale bedeckten, aber nur 28 in der zweiten, so werden gleich starke Batterieladungen bei beiden im geraden Verhältnisse zu der Anzahl der Windungen auf die Nadel einwirken, also wie 31 : 28. Verlangt man aber in beiden Spiralen gleiche Einwirkung auf die Nadel, so müssen die hiezu nöthigen Batterieladungen sich umgekehrt wie die Anzahl der Windungen verhalten. — Die einfachste Voraussetzung, die man über die magnetisirende Kraft des magnetischen Funkens machen kann, möchte nun wohl eben seyn, dafs diese Kraft der Einwirkung desselben proportional sey, und es wird sich in der That leicht zeigen lassen, dafs diese Voraussetzung völlig richtig ist. Unter dieser Voraussetzung müssen nämlich die einander in beiden Spiralen entsprechenden normalen und anomalen Perioden zu Ladungen gehören, die sich umgekehrt verhalten wie die Anzahl der Windungen. Sehr charakteristisch ist die anomale Periode in der ersten Spirale bei der Ladung 11, und in der zweiten bei der Ladung 13. Setzt man, indem man von der zweiten, bei welcher die gemessenen Ladungen in kleineren Intervallen fortschreiten, $31 : 28 = 13 : x$, so kommt $x = 11,7$; durch vielfache andere Versuche hatte sich aber ergeben, dafs das Maximum der anomalen Periode wirklich zwischen 11 und 12 fiel. — Da die dritte Spirale 11,5 Windungen auf 28 der zweiten enthält, so müssen diejenigen Ladungen, welche in ihnen gleiche Magnetisirungen erzeugen sollen, sich verhalten, wie 28 : 11,5. Geht man wieder von der zweiten aus, um die schon vorhin betrachtete sehr auffallend anomale Periode für die dritte Spirale zu berechnen, so ist $11,5 : 28 = 13 : x$, $x = 31,6$; in obigen Versuchsreihen, wo die Ladungen für die dritte Spirale um 2 steigen, ist die negative Periode mit 32 bezeichnet, was also mit dem berechneten Werthe in völliger Uebereinstimmung ist.

Am besten wird man die Aehnlichkeit der Magnetisirungen in allen drei Spiralen durch die auf der Taf. IV (Curve XXXIV, XXXV und XXXVI) rechts unten gezeich-

neten Curven der magnetischen Intensität der Nadeln übersehen; es sind hiebei, um den Ueberblick zu erleichtern, alle Ladungen (der vorhergehenden Tabelle) der zweiten und dritten Spirale im umgekehrten Verhältnisse der Anzahl ihrer Windungen zur ersten Spirale verkleinert, so daſs die gleichwerthigen Perioden sich unter einander gestellt finden. Es herrscht hinreichende Uebereinstimmung in der Lage der oberen und unteren Spitzen dieser Linien. Zugleich sieht man auch in den Versuchsreihen mit der zweiten (XXXV) und dritten Spirale (XXXVI) die anomalen Perioden auf 3 und 6. Ich habe übrigens die Curven nur so weit gezeichnet, als die Intervallen der Ladungen gering waren, weil bei gröſseren Intervallen die Wechsel leicht übersprungen werden.

Betrachtet man die Curven nicht in Beziehung auf ihren allgemeinen Gang, sondern in Beziehung auf die Gröſse der positiven und negativen Ordinaten oder der relativen Maxima und Minima, so scheint es, als ob mit der Anzahl der Windungen die Stärke der normalen und anomalen Perioden wachse, weil die Spitzen und Zacken der ersten und zweiten Curven viel stärker auf- und absteigen als in der dritten (zwischen der ersten und zweiten ist die Differenz der Windungen zu klein, um auffallende Unterschiede in dieser Hinsicht zu erzeugen). Will man also die Wechsel in schönster Entwicklung beobachten, so wird es gut seyn, eine möglichst enggewundene Spirale anzuwenden und die Ladung entsprechend zu verkleinern. Eine Gränze ist freilich dadurch gesetzt, daſs ein zu dünner Draht einen gröſseren Widerstand in die Schlieſsung bringt, und bei zu nahen Windungen der Funke überspringt.

Die magnetisirende Einwirkung der Spiralen ist also proportional der Anzahl ihrer Windungen, welche die Nadel bedecken, und die normalen und anomalen Magnetisirungsperioden treten stets bei derselben magnetischen Einwirkung ein; nur werden die Maxima und Minima derselben um so stärker, je geringer die dazu nöthige Ladung der elektrischen Batterie ist.

III. Die Einwirkung des Schliefsungsdrahts auf sich selbst.

Riefs hat im 50. Bande dieser Annalen, S. 19 und 20, den Satz aufgestellt: »Bei der Entladung der Batterie wirkt kein Theil des Schliefsungsdrahts vertheilend auf den andern.« Dieser Ausspruch verleitete mich auch anfangs zu glauben, dafs es gleichgültig sey, ob der bei meinen Versuchen einzuschaltende Draht geradlinig ausgespannt sey, oder auf Glasröhren isolirt aufgewunden. Es wäre bei der Einschaltung von mehreren hundert Fufs Draht sehr bequem gewesen, wenn ich die Drähte hätte zu einer Spirale aufwinden, und so stets zum Gebrauch in der Nähe haben können. Indefs die Untersuchung gab ein ganz anderes Resultat, als obiger Satz voraussehen liefs; es zeigte sich eine sehr bedeutende Einwirkung des Schliefsungsdrahts auf sich selbst.

Riefs hat seine Messungen mit dem Luftthermometer angestellt, und in den Entladungskreis, aufser dem Platindraht des Thermometers, noch zwei ebene Spiralen (jede von 13 Fufs eines 0,55 Lin. dicken Kupferdrahts) theils in gleichem, theils in entgegengesetztem Sinne bei 1 Linie und 2 Fufs Entfernung von einander eingeschaltet. »Es wurde aber in drei Versuchsreihen die Erwärmung des Platindrahts in dem Thermometer sehr nahe dieselbe gefunden.« Riefs giebt mit diesen Worten nur das allgemeine Resultat, wonach aber die gefundenen Werthe doch nicht völlig dieselben gewesen zu seyn scheinen; hätte er die speciellen Versuche mitgetheilt, so liefse sich vielleicht feststellen, ob die gemessenen Werthe nach einer bestimmten Seite hin von einander abweichen. Es ist aber sehr wohl denkbar, dafs bei den kurzen Drähten (26 Fufs) der Unterschied für das Luftthermometer noch nicht merkbar gewesen ist; auch wäre es nicht unmöglich, dafs in Beziehung auf die Erwärmung des Platindrahts durch die Batterieentladung eine solche Einwirkung des Schliefsungsdrahts auf sich selbst nicht stattfände. Ich selbst habe mit dem Luftthermometer keine Versuche hierüber angestellt.

Die nachfolgenden Versuche werden nun zeigen, dafs die Einwirkung eines Schliefsungsdrahts auf sich selbst sehr bedeutend ist. Ich habe die gleich mitzutheilenden Versuche nicht besonders zum Beweise dieses Satzes angestellt, sondern sie nebenher bei Verfolgung anderer Zwecke gewonnen; es sind deshalb auch die Unterschiede zwischen denselben nie so bedeutend, als sie unter günstigen Umständen hätten seyn können; dessen ungeachtet werden diese Angaben die erwähnte Einwirkung zur Genüge darthun.

Es waren auf vier Glasstäben 27,87 Meter eines 0,23363 Mm. dicken Kupferdrahts als Spirale von 24 Windungen (ungefähr 6 Mm. von einander entfernt) aufgewickelt. Dann wurde von einem neuen eben so starken, ungefähr 75 Meter langen Kupferdrahte noch 13,94 Fufs in 12 Windungen auf dieselben vier Glasstäbe gewunden, während das Uebrige auf vier neue Glasstäbe, welche die vorigen umgaben und von dem nächsten immer nur 0,1 Meter abstanden, in 34 Windungen aufgewickelt wurde. Es konnten demnach sämmtliche 103 Meter Draht in derselben Richtung von den Funken durchlaufen werden, aber auch, wenn die Verbindung abgeändert wurde, die 27,87 Meter in der einen und die 75 Meter in entgegengesetzter Richtung. Im letzten Falle waren von den auf den inneren vier Glasstäben befindlichen 36 Windungen jedoch nur 24 den äufseren (also auch nur 23) entgegengesetzt, während die anderen 12 inneren mit den aufserhalb über ihnen liegenden 11 äufseren stets noch in derselben Richtung durchlaufen wurden. Hätte ich sämmtliche 36 innere Windungen den 34 äufseren entgegengesetzt, so würden die Unterschiede noch viel bedeutender ausgefallen seyn.

Ladung.	Einschalt. 103 M. Kupfrdr. v. 0,23363 Mm Durchm.; Spirale 27,87 M. in einer Richt., 75 M. in entgegengesetzter Richt. durchlaufen. Zeit zu 30 Schwingung.	Lage der Pole.	Einschalt. 103 M. Kupferdr., alle Windung in derselben Richtung durchlauf. Zeit zu 30 Schwingung.	Lage der Pole.	Einschalt. v. 204 M. Kupferdr., alle Windungen in einer Richtung. Zeit zu 30 Schwingung.	Lage der Pole.	Einschalt. von 325 M. Kupferdr., alle Windungen in einer Richtung. Zeit zu 30 Schwingung.	Lage der Pole.
5			0′ 57″	+	0′ 48″	+	1′ 2″	+
6	0′ 54″	+						
8	0 55	+						
10	1 6	+	0 51	+	0 51	+	0 36	+
12	1 0	+						
14	0 51	+						
15			1 36	+	1 12	+	0 37	+
16	0 50	+						
18	1 2	+						
20	1 30	+	2 5	—	1 15	+	1 14	+
22	1 40	+						
24	2 2	+						
25			2 7	+	1 20	+	1 59	+
26	1 19	—						
28	1 7	—						
30	1 6	—	2 47	+	1 30	+	1 34	—
32	1 0	—						
34	1 3	—						
35			1 26	+	4 6	—	1 6	—
36	1 12	—						
38	1 18	—						
40	1 15	—	1 28	+	2 21	—	1 29	—
42	1 4	—						
44	1 12	—						
45			3 36	+	1 48	—	4 48	—
46	1 12	—						
48	1 24	—						
50	1 25	—	2 28	—	1 34	—	2 43	+
52	1 35	—						
54	2 15	—						
55			2 10	—	2 30	—	2 8	+
56	7 30	—						
58	4 30	+						
60	1 33	+	1 39	—	1 34	—	1 38	+
64	1 14	+						
65			3 57	+	1 49	—	1 25	+

Einschalt. von 237 M. gerade ausgesp. Kupferdr. Zweite Spirale (28 Windungen über der Nadel). Maassflasche die frühere.

Lad. nach der früh. Maassfl.	Abstoss. einer Magnetnadel in Graden.	Lage der Pole.
9	2	+
12	11	+
15	18	+
18	24	+
21	24	+
24	21	+
27	29	+
30	30	+
33	31	+
36	33	+
39	34	+
42	35	+
45	40	+
50	38	+
55	39	+
60	32	+
70	40	+
80	39	+
100	38	+
120	35	+
150	28	+
180	21	+

	Einschalt. v. 103 M. Kupfrdr. v. 0,23363 Mm. Durchm. Spirale 27,87 M. in einer Richt., 75 M. in entgegengesetzter Richt. durchlaufen.		Einschalt. 103 M. Kupferdr., alle Windung. in derselben Richtung durchlaufen.		Einschalt. v. 204 M. Kupferdr., alle Windung. in einer Richtung.		Einschalt. von 325 M. Kupferdr., alle Windungen in einer Richtung.		Einschalt. von 237 M. gerade ausgesp. Kupferdr. Zweite Spirale (28 Windungen über der Nadel). Maafsflasche die frühere.		
Ladung.	Zeit zu 30 Schwingung.	Lage der Pole.	Zeit zu 30 Schwingung.	Lage der Pole.	Zeit zu 30 Schwingung.	Lage der Pole.	Zeit zu 30 Schwingung	Lage der Pole.	Lad. nach der früh. Maafsfl.	Abstofs. einer Magnetnadel in Graden.	Lage der Pole
68	1' 21"	+									
70			2' 5"	—	2' 57"	—	1' 14"	+	200	19	+
72	1 5	+							220	9	+
75			2 44	—	6 0	—	1 1	+	240	5	—
76	1 1	+							260	9	—
80	0 59	+	3 57	—	3 30	+	1 21	+			

Anmerkung. Aufser dem Gestell mit den acht Glasröhren, worauf die ersten 103 Meter sich befanden, waren noch zwei ähnliche vorgerichtet, und in der 6. und 7. Spalte finden sich die Resultate als die auf zwei Gestellen aufgewickelten Drähte, in der 8. und 9. dagegen als die Drähte aller drei eingeschaltet waren. Die 10. Spalte enthält Messungen, welche noch mit der früheren Maafsflasche gemacht sind; die 11. dagegen die Abstofsung, welche die magnetisirte Nadel auf eine freilich nicht sehr leicht bewegliche Magnetnadel ausübte.

Vergleicht man die in der 2. und 3. Spalte stehenden Resultate mit den in der 4. und 5. angegebenen, so herrscht zwischen beiden auch nicht die geringste Uebereinstimmung. Am besten übersieht man diefs, wenn man die Werthe sich graphisch darstellt.

Die in den fünf ersten Spalten befindlichen Resultate können auch noch ziemlich gut verglichen werden mit den Versuchen, die unter No. VI nachher werden mitgetheilt werden. Daselbst sind nämlich Versuche mit 96,4 Meter desselben Kupferdrahts, der gerade ausgespannt war, mitgetheilt (sie sind auf der linken Hälfte der Taf. IV unter XX auch graphisch dargestellt). Diese letzten Versuche

zeigen zuerst eine normale Periode bis zur Ladung 30, und dann bis zu fast einer negativen, mit geringen Erhebungen. Dagegen bieten 103 Meter in 70 Windungen befindlichen Kupferdrahts noch drei normale und drei anomale Perioden dar, ja selbst bei 204 und 325 Meter in ähnlichen Spiralen aufgewundenen Drahtlängen entsteht nach der anomalen Periode nochmals die normale, während bei geradeausgespannten Drähten von 325 Meter Länge und gleicher Dicke mit dem vorigen sicherlich noch nicht die erste anomale Periode erhalten wird. Die in der 10., 11., 12. Spalte mitgetheilten, freilich nur roh angestellten Versuche zeigen, dafs bei 237 Meter obigen Kupferdrahts nur erst ganz gegen Ende der Batterieladung die anomale Periode sich zeigt. Es sind diese Versuche freilich mit anderer Maafsflasche und Spirale (der zweiten) angestellt; werden sie aber reducirt auf die neue Maafsflasche und die erste Spirale, so entspricht 260 der alten Bestimmung ungefähr 80 in der neuen. Sie genügen also zu beweisen, dafs bis gegen das Ende hin bei so grofser Einschaltung nur stark normale magnetische Nadeln sich finden.

Es ist aber nöthig auch ein Beispiel von der Einwirkung eines dicken, sehr gut leitenden Schliefsungsdrahts auf sich selbst zu geben. Auf vier in einem Gestelle befindliche Glasröhren wurden erst 12,81, dann 25,62 und zuletzt 94,15 Meter eines 1,2966 Mm. dicken Kupferdrahts sowohl über diese vier inneren, als auch noch über vier äufsere Glasstäbe in Spiralen aufgewunden. Das Ergebnifs der Versuche war folgendes:

Ladung.	Einschaltung von 12,81 M. in 13 Windungen.		Einschaltung von 25,62 M. in 26 Windungen.		Einschaltungen von 94,15 Meter Kupferdraht in 32 inneren und 31 äufseren Windungen.	
	Zeit zu 30 Schwingungen.	Lage der Pole.	Zeit zu 30 Schwingungen.	Lage der Pole.	Zeit zu 30 Schwingungen.	Lage der Pole.
1	1′ 2″	+	1′ 45″	+	4′ 24″	+
2	1 5	+	1 10	+	2 20	+
3	0 59	+	1 8	+	1 41	+
4	0 59	+	1 15	+	1 46	+
5	1 0	+	1 21	+	1 27	+
6	1 12	+	1 30	+	1 37	+
7	0 55	+	1 37	+	1 28	+
8	3 0	+	1 37	+	1 40	+
9	2 10	+	2 0	+	1 42	+
10	2 0	+	3 15	+	2 0	+
11	3 15	+	3 40	—	2 20	+
12	1 33	—	1 33	+	2 10	+
13	2 50	+	1 37	+	3 9	+
14	1 5	+	1 40	+	3 27	+
15	1 54	+	2 0	+	4 35	+
16	1 37	—	3 0	+	5 40	+
17	3 0	—	3 12	+	0 0	+
18	1 10	—	2 39	+	10 0	+
19	2 50	+	1 40	+	1 ∞	0
20	3 25	+	1 52	+	7 30	—
21	3 30	—	∞	0	6 0	+
22	4 10	+	5 30	—	4 0	—
23	2 4	—	2 4	—	3 27	—
24	∞	0	2 30	+		
25	1 17	+				
26	2 0	—				
44			3 12	+		
64			4 35	+		
84			5 48	—		

Aus diesen Versuchen ergiebt es sich klar, dafs bei der Einschaltung von Spiralwindungen eines dicken Kupferdrahts nicht nur die anomalen Perioden, sondern auch die magnetischen Intensitäten der Nadeln ungemein geschwächt werden. Ein Theil dieser Einwirkung ist freilich, wie sich später zeigen wird, eine bloſse Folge der Einschaltung des Kupferdrahts; denn dieser Theil würde eben so gut erfolgen, wenn auch der Draht geradlinig ausgespannt wäre. Um diesen Einfluſs des Drahts überhaupt von dem Einfluſs der

Windungen zu sondern, kann man den letzten Versuch (Einschaltung von 94,15 Meter Kupferdraht in 32 inneren und 31 äufseren Windungen) vergleichen mit dem unter No. VI mitzutheilenden, bei welchem eine geradlinige Einschaltung von 113 Meter dieses Drahts nebst 26 Meter eines aufserordentlich dicken viereckigen Kupferdrahts gemacht war. Es zeigen sich in dieser letzteren auf der Taf. IV unter No. XII graphisch dargestellten Versuchsreihe allerdings bedeutende Schwächungen, aber selbst bei dieser längeren Einschaltung noch nicht so stark, als bei der Einschaltung von 94,15 Meter in Spiralwindungen. Zur leichteren Uebersicht ist diese Versuchsreihe mit 94,15 Meter Draht in Spiralwindungen ebenfalls unter No. XIV graphisch dargestellt worden; die Vergleichung der beiden erwähnten Curven zeigt deutlich den Unterschied, und somit auch den Einflufs der Spiralwindungen.

Anscheinend ist der Einflufs dieser Windungen bei dem dünnen und dicken Kupferdraht ein sehr verschiedener; bei dem dünnen erzeugt er noch anomale Perioden, bei dem dicken hebt er sie auf. Dessen ungeachtet ist aber der Einflufs in beiden Fällen derselbe; die gegenseitige Einwirkung der Spiralwindungen verstärkt und verbreitert nämlich die anomalen Perioden. Indem nun diese Einwirkung bei einem dünnen langen Draht eintritt, wo alle normalen und anomalen Perioden durch den Einflufs des Drahtwiderstands schon gehörig getrennt und auseinandergeschoben sind (vergl. den VI. Abschnitt über diesen Punkt), so können die anomalen Perioden sich entwickeln, ohne dafs ihr Maximum sogleich mit dem Maximum der normalen zusammenfällt, und selbst da wieder erscheinen, wo der blofse Einflufs des geradlinigen Drahts sie verschwinden gemacht hätte. Findet aber diese Einwirkung bei einem langen dicken Draht statt, der wenig Widerstand leistet, also die Perioden auch wenig trennt, so werden die anomalen Perioden bei ihrem Wachsen den sonst bedeutend stärkeren normalen immer mehr und mehr gleich kommen, ihre Maxima zusammenfallen, und die Magnetisirung daher fast gänzlich auf Null reduciren.

Der

Der Einfluſs eines Schlieſsungsdrahts auf sich selbst besteht also darin, die anomalen Perioden zu verstärken und zu erweitern, so daſs sie den normalen mehr gleich werden.

IV. Der Einfluſs der Dicke der Nadeln.

Es wurden drei verschiedene Sorten Nadeln aus derselben Fabrik untersucht, No. 7, No. 5, No. 1. Die Nadel No. 7 war 34,65 Mm. lang und 0,5856 Mm. dick; No. 5 37,68 Mm. lang und 0,7525 Mm. dick, und No. 1 46,2 Mm. lang und 1,1341 Mm. dick. Der Unterschied von 5 zu 1 war also bedeutender als von 7 zu 5. Ich will zwei Versuchsreihen mittheilen; bei der einen war der Draht geradlinig ausgespannt, bei der anderen in Spiralen aufgewunden.

Einschaltung von 12,05 Meter eines 0,26248 Mm. dicken Eisendrahts, geradlinig ausgespannt.

Ladung.	Nadel No. 7.		Nadel No. 5.		Nadel No. 1.	
	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. Pole.	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. Pole.	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. Pole.
5	0' 29"	+	0' 39"	+		
10	0 34	+	0 40	+	1' 1"	+
15	0 47	+	0 39	+		
20	1 36	+	0 46	+	0 58	+
25	2 8	—	1 5	+		
30	1 6	—	0 57	+	1 3	+
35	1 5	—	1 11	+		
40	1 4	—	0 57	+	0 54	+
45	1 5	—	1 6	+		
50	1 46	—	0 54	+	0 47	+
60	1 18	—	0 54	+	0 42	+
70	1 57	—	1 0	+	0 46	+
80	3 0	—	0 55	+	0 47	+
90	2 16	—	0 57	+	0 45	+

Während bei den Nadeln No. 7 die anomale Periode sehr groſs ist, kann sie sich bei den Nadeln No. 5 und No. 1 gar nicht mehr bilden. Daſs aber die Nadeln No. 5 überhaupt fähig sind, solche Wechsel in der Polarität anzunehmen, beweisen schon die Schwankungen in der Intensität, noch mehr aber die folgenden Versuche, wo die ano-

malen Perioden wirklich als solche erscheinen; ob bei den Nadeln No. 1 sich auch wirkliche Umkehrungen mittelst der neun Flaschen der Batterie erzeugen lassen, mufs ich dahin gestellt seyn lassen. Bei gröfserer Oberfläche der Batterie wird es unzweifelhaft gelingen.

Einschaltung des oben unter III erwähnten 103 Meter langen dünnen Kupferdrahts, der auf acht (vier inneren, vier äufseren), in einem Gestell befindlichen Glasröhren aufgewunden war. 27,87 Meter (24 innere Windungen) wurden von dem Funken in entgegengesetzter Richtung durchlaufen als die übrigen 75 Meter (12 inneren und 34 äufseren Windungen).

Ladung.	Nadel No. 5.		Nadel No. 1.	
	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. Pole.	Zeit zu 30 Schwing.	Lage d. Pole.
5	0′ 54″	+	1′ 26″	+
10	0 57	+	1 12	+
15	0 48	+	0 54	+
20	0 42	+	0 59	+
25	1 0	+	1 1	+
30	1 10	+	1 1	+
35	2 0	+	1 8	+
40	3 24	—	1 8	+
45	1 22	—	1 7	+
50	1 13	—	0 57	+
55	1 20	—	0 58	+
60	2 5	—	0 58	+
65	2 0	—	0 57	+
70	2 26	—	0 56	+
75	∞	0	0 58	+
80	3 30	+	1 0	+

Die mit gleicher Einschaltung und der Nadel No. 7 angestellten Versuche sind schon in dem vorigen Abschnitte mitgetheilt worden. Bei diesen zeigte sich normale Polarität von 2 bis 24, anomale von 26 bis 56, und wieder normale von 58 bis 80. Bei den Nadeln No. 5 sehen wir in der eben mitgetheilten Tabelle normale Polarität von 5 bis 30, anomale von 35 bis 75, und dann wieder normale. Die Nadeln No. 1 deuten diese Perioden nur durch Schwankungen in ihrer Intensität an. Stellt man die Werthe für

die Nadel No. 7 und No. 5 mittelst einer Curve dar, so zeigen beide Curven einen entsprechenden Verlauf; nur sind die Maxima der normalen und anomalen Periode bei der Nadel No. 5 weiter nach hinten auf stärkere Ladungen verschoben; auch scheinen die anomalen Perioden bei den Nadeln No. 5 etwas schwächer zu seyn, als bei den Nadeln No. 7. Die Nadeln No. 1 erlauben keine genaue Vergleichung mit den beiden anderen, da ihr Querschnitt zu bedeutend von dem Querschnitt der anderen beiden verschieden ist.

Im Allgemeinen scheinen durch *dickere Nadeln* die Erscheinungen *nicht geändert zu werden*; es treten die *anomalen Perioden erst bei gröfseren Ladungen ein, und könnten auch an Stärke verloren haben.*

V. Der Einflufs der Oberfläche der Batterie.

Schon in der ersten Abhandlung, Bd. 65, S. 545, sind Versuche mitgetheilt über die Aenderung der Magnetisirungserscheinungen, wenn die Oberfläche der Batterie verkleinert wird. Bei denselben waren aber die eingeschalteten Drähte spiralförmig aufgewunden, und zugleich die an der Batterie gemachten Abänderungen ziemlich bedeutend. Es folgt deshalb hier eine Versuchsreihe, bei welcher 12,05 Meter eines 0,26248 Mm. dicken Eisendrahts eingeschaltet und die Oberfläche der Batterie nur allmälig verkleinert wurde; auf diese Weise ist es möglich den Gang der Erscheinung genau zu verfolgen. Die Nadeln sind von jetzt an wieder sämmtlich No. 7.

Einschaltung von 12,05 Meter des oben genannten Eisendrahts.

Ladung.	9 Flaschen.		8 Flaschen.		7 Flaschen.		6 Flaschen.		5 Flaschen.	
	Zeit zu 30 Schw.	Lage der Pole	Zeit zu 30 Schw.	Lage der Pole	Zeit zu 30 Schw.	Lage der Pole	Zeit zu 30 Schw.	Lage der Pole	Zeit zu 30 Schw.	Lage der Pole
5	0' 29"	+							0' 40"	+
10	0 34	+	0' 37"	+	0' 51"	+	0' 49"	+	1 1	+
12									1 4	+
15	1 47	+			1 2	+	1 17	+	0 50	+
20	1 36	+	1 38	+	2 34	—	5 12	+	0 43	+
25	2 8	—	1 12	—			0 58	+	0 50	+
30	1 6	—	1 1	—	5 0	—	0 58	+	0 50	+
35	1 5	—			1 21	+			0 51	+
40	1 4	—	1 43	—	1 14	+	1 2	+	1 5	+
45	1 5	—							1 36	+
50	1 46	—	1 45	—	1 21	+	1 6	+	2 2	+
60	1 18	—	2 31	—	1 52	+	1 11	+		
70	1 57	—	1 54	+	1 17	+				
80	3 0	—	2 45	+						
90	2 16	—								

Uebereinstimmend mit den früheren Versuchen zeigt sich, dafs *eine Verkleinerung der Batterieoberfläche die anomalen Perioden auf immer kleinere Ladungen zurückführt, aber dieselben zugleich auch so verkürzt, dafs sie bei einer gewissen Gröfse der Batterie aufhören als anomale Magnetisirungen zu erscheinen; man beobachtet dann nur noch abwechselnd starke und schwache normale Perioden.* Werden die vorstehenden Werthe durch Zeichnung dargestellt, so ergiebt sich in allen Curven ein ähnlicher Verlauf, wie solches auch schon aus der Betrachtung der vorigen Tabelle sich ergiebt.

Da die verschiedenen Perioden sich mit der Vergröfserung der Oberfläche der Batterie ausdehnen, so bietet sich darin ein Mittel dar, die Umkehrungen in der Polarität der Nadeln zu verstärken, und selbst in Fällen zu erzeugen, wo sie sonst nicht eintreten würden. Ich werde in der nächsten Zeit noch Versuche anstellen mit einer gröfseren Oberfläche als die obigen neun Flaschen darboten, und dabei zugleich erforschen, ob es einen Unterschied macht, wenn eine und dieselbe Gröfse der Oberfläche einmal in einer

(Zur S. [illegible] gehörig.)

...altet.

Ladung.	0 Meter. Zeit zu 30 Schwing.	... Meter. ...h 30 ...ng.	Lg.d. Pol.	48,20 Meter. Zeit zu 30 Schwing.	Lg.d. Pol.	96,40 Meter. Zeit zu 30 Schwing.	Lg.d. Pol.
1	1′ 1″						
2	0 36	5″	+				
3	0 44						
4	0 50	6	+				
5	0 45			0′ 43″	+	0′ 31″	+
6	0 42	5	+				
7	0 38						
8	0 44	6	+				
9	1 15						
10	1 10	0	+	0 38	+	0 34	+
11	1 35						
12	0 47	7	+				
13	0 50						
14	1 0	4	+				
15	0 50			0 35	+	0 46	+
16	2 10	2	+				
17	1 15						
18	1 40	5	+				
19	0 52						
20	4 40	5	+	1 36	+	0 59	+
21	1 16						
22	2 45	7	−				
23	2 0						
24	0 55	8	−				
25	1 40			1 27	−	1 16	+
26	1 7	2	−				
27	0 58						
28	2 10	9	−				
29	1 50						
30	1 40	4	−	1 14	−	3 15	+
31	∞						
32	1 50	3	−				
33	1 30						
34	1 26	1	+				
35	3 0			1 9	−	1 12	−
36	3 0	1	+				
37	2 10						
38	1 0	3	+				
39	∞						

Tafel III.

Messingdraht, eingeschaltet.

urchmesser des Drahts 0,24633 Millimeter.							Durchm. d. Drahts 0,6551 Mm.			
leter.	3,01 Meter.		6,02 Meter.		12,05 Meter.		76,83 Meter.		131,45 Meter.	
Lg. des Pol	Zeit zu 30 Schw.	Lg. des Pol.	Zeit zu 30 Schw.	Lg. des Pol.	Zeit zu 30 Schw.	Lg. des Pol.	Zeit zu 30 Schw.	Lg. des Pol.	Zeit zu 30 Schw.	Lg. des Pol.
+	0' 50"	+	1' 37"	+			1' 11'	+	0' 50"	+
+	0 40	+	0 42	+			0 46	+	0 49	+
					0' 40"	+				
+	0 50	+	0 49	+			0 53	+	0 41	+
+	1 6	+	0 41	+			0 47	+	0 42	+
+	0 42	+	0 42	+	0 37	+	0 48	+	0 52	+
+	0 48	+								
+	0 49	+	0 43	+			0 59	+	0 57	+
+										
−	1 11	+	0 50	+						
+					0 50	+	1 21	+	1 6	+
+	1 47	−	1 4	+						
+										
−	1 25	+	1 38	+			1 31	+	1 7	+
−										
+	1 37	+	1 44	+	1 25	+				
+							1 35	−	1 27	+
+	1 57	+	1 54	−						
+										
+	1 35	+	2 54	+			2 10	−	1 22	+
+					1 36	−				
−	0 59	+	4 7	−						
−										
−	1 2	+	2 58	−			3 56	+	3 25	+
+	3 29	−	2 40	+	1 51	−				
+	1 29	−	2 14	+			2 24	+	3 14	−
+	2 55	−	1 46	+						
					1 30	−				
+	1 57	+	2 5	+			1 57	+	1 57	−
−	5 19	−	1 36	+						
−	2 17	−	1 50	+	2 0	−	5 15	+	2 44	−
+	3 10	+	1 11	+						
+	1 43	+	1 22	+						
					2 11	−	5 40	−	1 33	−
+	1 26	+	1 21	+						
+	1 27	+	1 14	+						
+	1 10	+	1 45	+	2 0	−	4 11	−	5 24	−
+	1 18	+	1 17	+						
+	1 38	+	1 26	+						
					4 0	+			7 50	+
−	1 27	+	1 14	+						
+	1 32	+	1 21	+						
+	1 30	+	1 20	+	3 23	+	2 31	+	1 39	+
	2 10	+	1 58	+						
	2 17	+	2 0	+						

. 0,4575 Mm.

,36 Meter.

zu 30 wing.	Lage d. Pol.
0″	+
1	+
0	+
3 ,4	+
7	+
8	+
8	+
9	+
0	—
1	—
5	—
3	—
5	—
1 ,5	—
5	—
4 ,5	—
1 ,5	—

V.

schaltet.

ser 0,6437 Millimeter.								Durchm. 1,2723 Millim.			
36,17 Meter.		48,20 Meter.		68,54 Meter.		78,32 Meter.		131,8 Meter.		214 Meter.	
Zeit.	Lg.	Zeit.	Lg.	Zeit.	Lg.	Zeit.	Lg.	Zeit.	Lg.	Zeit.	Lg.
								0′ 46″	+	1 18	+
								0 32	+	0 38	+
0′ 32″	+	0′ 34″	+	0′ 31″	+						
								0 30	+	0 32	+
								0 32	+	0 28	+
1 1	+	0 43	+	0 33	+	0′ 30″	+	0 33	+	0 28	+
1 53	+							0 37	+	0 30	+
3 19	—									0 40	+
		1 33	+	0 55	+	0 41	+	0 55	+		
1 9	—									0 38	+
				1 50	+	1 4	+				
1 30	—			2 21	—	1 44	—	3 10	—	0 45	+
0 54	—	1 5	—	1 48	—	1 38	—			1 15	+
								1 32	—		
										1 23	+
1 5	—							0 56	—	0 57	—
		1 34	—			0 47	—				
2 22	—							0 36	—	0 46	—
		2 13	—	0 34	—	0 34	—				
2 54	—							0 38	—	0 37	—
		3 24	+								
1 38	+					0 34	—	0 32	—	0 35	—
1 18	+	1 14	+	0 49	—	0 39	—	0 32	—	0 32	—
0 59	+										
		1 2	+			0 43	—	0 36	—	0 31	—
1 2	+										
		1 5	+	1 21	—	0 46	—	0 33	—	0 29	—
1 5	+										
		1 4	+	3 21	—	1 6	—	0 40	—	0 33	—
1 6	+										
		2 10	+	1 41	+	3 23	—	0 51	—	0 35	—
1 39	+										
		2 24	+			1 23	+	1 13	—	0 35	—
1 29	+										
		3 8	+	0 41	+	0 51	+	1 24	+	0 35	—
1 45	—										
		2 1	—							0 41	—
1 51	—	1 30	—	0 39	+	0 38	+	0 45	+	1 2	—
1 20	—	1 1	—	0 37	+	0 32	+	0 37	+	1 29	+
				0 41	+					0 53	+

Flasche, und dann erst von mehreren Flaschen zusammen dargeboten wird.

VI. Veränderungen der normalen und anomalen Perioden durch eingeschaltete Drahtwiderstände.

Da in meiner ersten Abhandlung über die Magnetisirung der Stahlnadeln die eingeschalteten Drähte zu Spiralen gewunden und die Versuche nur in solchen Intervallen angestellt wurden, als zur Bestimmung des Anfangs und Endes der anomalen Periode nöthig waren, so mufsten nach der Auffindung des Einflusses der Drahtwindungen auf einander neue Versuche mit geradlinig ausgespannten Drähten angestellt, und, um die dabei in der Magnetisirung der Nadeln erzeugten Veränderungen genau verfolgen zu können, die Intervalle zwischen den verschiedenen Ladungen und Einschaltungen nur gering genommen werden. Es folgen hier zunächst die deshalb gemachten Versuchsreihen (siehe Tab. No. 1 bis No. 4).

Die vorhergehende Tabelle enthält eine Reihe von Versuchen, die besonders in Beziehung auf Kupfer, Messing und Eisen eine grofse Ausdehnung besitzen. Ich habe bei diesen genannten Metallen nicht nur die Länge des eingeschalteten Drahts, sondern auch seine Dicke abgeändert, um die Erscheinungen nach beiden Seiten verfolgen zu können; ich werde dieselben Versuche auch später mit den übrigen Metallen, so weit es sich thun läfst, auf ähnliche Weise anstellen. Um die in den beigefügten Tabellen enthaltenen Resultate leichter übersehen zu können, habe ich die das Kupfer, Messing und Eisen betreffenden auf der beigefügten Taf. IV durch Curven oder vielmehr durch gerade Linien dargestellt. Es sind natürlich nicht die vorstehenden Zahlen, sondern die aus ihnen berechneten Intensitäten des Magnetismus der Nadeln als positive oder negative Ordinaten aufgetragen, je nachdem die Nadel normal oder anomal magnetisirt war. Ich hätte in der vorhergehenden Tabelle gleich diese Intensitäten eintragen können, zog jedoch die unmittelbar gemessene Zeit vor, um vor

Irrthümern bei der Mittheilung um so sicherer zu seyn. Als Abscissenaxe, auf welcher die Ladungen gezählt werden, und zugleich als Linie ohne magnetische Intensität, gilt für jede Curve die durch ihre Anfangspunkte gehende gerade horizontale Linie. Auf dieser sind anfangs die Ladungen stets nur um eine Einheit gesteigert bis zu 54 oder 56, wo dann, um die Kupfertafel nicht zu sehr zu vergröfsern, die Ladungen gleich um 2,5 oder auch 10 Einheiten zunehmen, wie sich sogleich aus den in der obersten Zeile stehenden Zahlen, welche die Ladungen anzeigen, ergiebt; innerhalb dieses letzten Theiles von 54 oder 56 bis 100 habe ich die Curven deshalb auch nicht ausgezogen, sondern nur punktirt, um gleich darauf aufmerksam zu machen, dafs hier nothwendig wegen der Verkürzung der Abscissen ein stärkeres Steigen und Fallen eintreten mufs. Sind nun zwar diese Theile der Zeichnung nicht mit den horizontal neben ihnen stehenden zu vergleichen, so sind sie doch mit den vertical unter oder über ihnen stehenden recht wohl vergleichbar, weil alle diese dieselbe Verkürzung der Abscissen erlitten haben. Auf diese letzte Vergleichung kommt es aber vorzugsweise an.

Gleich zu Anfang der Linien bei Ladungen von 0 bis 10 finden sich beim Eisendraht zwei Mal punktirte Stellen; hier hatte ich keine Beobachtungen gemacht, und die Curven sind deshalb nach ihrem mir wahrscheinlichen Laufe punktirt angegeben worden. Ferner war es nicht gut möglich, das Ineinandergreifen der Curven in der Zeichnung zu vermeiden, wenn ich nicht die Zwischenräume zwischen den einzelnen Curven sehr grofs machen wollte. Um nun gleich für das Auge bemerkbar zu machen, wo eine Curve sich über eine andere erhebt, und um beim Durchschnittspunkte derselben den Fortgang der einzelnen nicht zweifelhaft zu lassen, ist jedesmal die über die vorhergehende sich erhebende Curve mit kleinen Strichen angegeben, so lange sie über der vorhergehenden bleibt.

Es wäre in den meisten Fällen leicht gewesen, statt der gebrochenen Linien wirkliche Curven zu zeichnen, und für

das Auge wäre auch diese Darstellung gefälliger gewesen; ich wollte aber durchaus nichts Willkührliches hineintragen, und habe deshalb jeden beobachteten Werth durch einen Punkt angegeben, so dafs die Linien eigentlich nur zur Verbindung der zusammengehörigen Punkte dienen. Die Zeichnung stellt also ein völlig treues Abbild der Versuche dar.

Versuche bei Einschaltung des Kupferdrahts von 0,23363 *Mm. Durchmesser* (vergl. Taf. IV, Curve I bis X). Da in den mit diesem Drahte angestellten Versuchen die Drahtlängen, anfangs namentlich, um geringe Quantitäten vermehrt sind, so wird die nähere Betrachtung derselben uns am besten Aufschlufs über die Veränderungen geben, welche die normalen und anomalen Perioden erleiden. Vergleicht man den Gang der ersten und zweiten Curve (I und II), so ist noch kein auffallender Unterschied vorhanden; dafs die anomale Periode auf 23 sich in der zweiten Reihe zeigt, ist nichts Auffallendes, da sie, wie schon bemerkt, in der ersten übersprungen wurde. Auch wenn die auf- und niedersteigenden Spitzen in der einen Curve an einzelnen Stellen gröfser sind, als in der andern, so ist daraus noch nicht auf eine Ungleichheit zu schliefsen, indem es nicht möglich ist, bei einer so grofsen Anzahl von Versuchen jedesmal genau dieselbe Stärke der Ladung und dieselbe Art der Entladung zu erzeugen. Ein geringer Unterschied hierin mufs sehr bedeutende Differenzen in der Stärke des Magnetismus der Nadel hervorbringen, da die Maxima der aufeinanderfolgenden entgegengesetzten Perioden nur ein wenig weiter als eine Einheit der Maafsflasche von einander entfernt liegen. Selbst die Maschine konnte nicht einmal so pünktlich angehalten werden, da sie bei jeder Umdrehung der Kurbel, welche mittelst eines Rades und endlosen Riemens den Cylinder umdrehte, zwei, ja bei gutem Zustande des Wetters und Reibzeuges mehr als drei Funken an der Maafsflasche erzeugte.

Ebenso ist in der dritten Curve (III) nur wenig Unterschied zu bemerken, der schon deutlicher in der vierten (IV) sich zeigt, wo einige Perioden sich auf Kosten der

andern zu erweitern scheinen. Ein Verschieben der Wechsel ist, wenn es hier schon wirklich stattfindet, nur in sehr geringem Grade vorhanden, wie es z. B. ein Blick auf die negative Spitze bei 18 oder 19 (in der vierten Curve) nachweist. Die fünfte (V.) Curve (bei 3,01 Meter Einschaltung) zeigt dagegen uns schon stark, wie die anomalen Perioden vor 18 sich allmälig verlieren, die anomale Periode auf 18 selbst aber sich ausdehnt, um dann in der sechsten Curve (VI.) auch mit der folgenden anomalen Periode bei 23 zu einer gröfseren Ausdehnung zu verschmelzen. Da aber die Einwirkung des Drahtwiderstandes die erste normale Periode immer mehr auszudehnen strebt, wie denn bei sehr grofsen Widerständen (vergl. in den Tabellen die Einschaltung von 56,49 Meter eines sehr dünnen Silberdrahts) auch die Nadeln nur stark normal magnetisirt werden, so mufs natürlich der Anfang dieser anomalen Perioden immer weiter auf höhere Ladungen zurückgeschoben werden. Indem nun ein Theil der Perioden nach und nach verschwindet, so entsteht eine Curve, die bei 48,20 Meter Einschaltung aus einem grofsen positiven, negativen und dann wieder positiven Zweige besteht. Bei 96,40 Meter ist auch diese letzte positive Periode verschwunden, aber zugleich die sehr breite negative Periode (von 30 bis 100) schon so geschwächt, dafs sie die Nähnadeln fast nur an der dünneren Spitze polarisch macht, das Oehr aber ohne Polarität läfst. Bei noch gröfseren Einschaltungen hebt sich dann auch diese negative Periode ganz fort, wie es der oben ebenfalls angeführte Versuch mit 237 Meter Draht (freilich mit Anwendung einer anderen Spirale) zeigt.

Versuche mit dickem Kupferdrahte (Taf. IV, Curve XI bis XIV). Als 26 Meter eines sehr dicken viereckigen Kupferdrahts von 30,76 Quadratmillimeter Querschnitts in den Schliefsungsbogen eingeschaltet wurden, so zeigte sich (XI. Curve) in der Lage der Perioden keine Veränderung, nur waren dieselben im Allgemeinen schwächer geworden. — Als zu diesen 26 Meter noch 113 Meter eines runden, 1,2966 Mm. im Durchmesser haltenden Kupferdrahts eingeschaltet wurden, so verschwanden (XII. Curve) beinahe

alle Umkehrungen, und die Nadeln zeigten sich nur schwach magnetisch. — Dasselbe fand auch statt bei der Hinzufügung eines fast eben so langen (94 Meter), aus acht noch stärkeren Drähten zusammengewundenen Kupferseiles, das zu einem Blitzableiter bestimmt war (XIII. Curve), und mir vom Hrn. Prof. Schweigger zu diesem Versuch geliehen wurde, durch dessen Güte ich auch mehrere andere zu diesen Experimenten nöthige Vorrichtungen und Materialien erhielt. — Schon weiter oben habe ich erwähnt, dafs bei Anwendung eines spiralförmig gewundenen Drahts von 94 Meter (1,2966 Mm. Durchmesser) die Nadeln noch viel schwächer magnetisch geworden waren (XIV. Curve).

Versuche mit dem Messingdraht von 0,24633 *Mm. Durchmesser* (Taf. IV, Curve XV bis XVIII). Einen ähnlichen Gang, wie bei der Einschaltung des dünnen Kupferdrahts, zeigen die Versuche bei der Einschaltung des eben genannten Messingdrahts. Die beiden negativen Perioden auf 14 und 19 bei 0,75 Meter Einschaltung verringern sich bei 3,01 Meter Einschaltung, und nehmen zur Vergröfserung bei 6,02 und 12,05 Meter auch noch andere in sich auf; natürlich müssen die zwischenliegenden normalen Perioden verschwinden. Dabei rückt aber ebenfalls, wie vorhin, der Anfang dieser breiten negativen Periode immer mehr zurück auf stärkere Ladungen.

Versuche mit dem Messingdrahte von 0,6551 *Mm. Durchmesser* (Taf. IV, Curve XIX und XX). Obwohl die Erscheinungen bei der Einschaltung des dünnen Messingdrahts den bei der Einschaltung des entsprechenden Kupferdrahts erhaltenen glichen, so schien es mir doch wünschenswerth, auch Versuche mit einem dickeren Messingdraht anzustellen; ich wählte denselben aber absichtlich nicht so stark als den letzten Kupferdraht, um auch Messungen für einen Draht von mittlerem Durchmesser zu erhalten. Wie vorauszusehen, blieb die Erscheinung dieselbe, wie bei dem dünneren Messingdrahte, nur war die Magnetisirung etwas geschwächt, wie es ebenfalls nach den beim Kupfer erhaltenen Resultaten vermuthet werden konnte.

Ich benutze zugleich diese Versuchsreihe mit dem 131,45

Meter langen Messingdrahts (XX), um eine Antwort zu geben auf die Frage: Ist es gleichgültig, wo sich die Magnetisirungsspirale und wo sich der eingeschaltete Draht befindet? Die auf der Taf. IV durch Linien verbundenen Punkte (die Curve) stellt nämlich die Intensitäten der Nadel dar, welche erhalten wurden, als zwischen der Magnetisirungsspirale und der inneren Batteriebelegung sich der 131,45 Meter lange Messingdraht befand, während die daneben gezeichneten Kreuze die Werthe für den Fall angeben, wo die magnetisirende Spirale zunächst der inneren Batteriefläche und der 131,45 Meter lange Draht zwischen der Spirale und der Aufsenfläche der Batterie angebracht war. Es versteht sich wohl auch ohne eine Erinnerung von meiner Seite, dafs bei sämmtlichen Versuchen die ausgespannten Drähte stets durch Glasröhren isolirt waren, wodurch freilich bei sehr langen Drahtleitungen aufserordentlich grofse Unbequemlichkeiten entstanden.

Ich wählte zur Darlegung des Satzes, dafs es *gleichgültig sey, an welcher Stelle des Schliefsungsbogens sich die Magnetisirungsspirale befindet*, absichtlich vorliegende Versuchsreihe, weil in ihr eine verschiedene Einwirkung je nach der verschiedenen Stellung der Spirale sich sehr stark gegezeigt haben würde. Es bringen nämlich Abänderungen im Schliefsungsbogen und in der Nadel einen um so gröfseren Unterschied hervor, je mehr die Ladung sich denjenigen nähert, bei welchen die normalen Perioden in die anomalen übergehen, und nur schwache Magnetisirungen stattfinden. In der ganzen Reihe der auf die beiden vorher angegebenen Weisen angestellten Versuche sind die Werthe so gut wie völlig übereinstimmend, mit Ausnahme der Magnetisirungen durch die Ladung 18 und 21, also in der Nähe des Uebergangs der entgegengesetzten Perioden in einander, wo als gröfster Unterschied $1\frac{1}{2}$ der willkührlich angenommenen Einheit sich findet. Es ist dieser Unterschied ungefähr der zwölfte Theil der magnetischen Kraft, welche die Nadel überhaupt annehmen kann, und sicher noch nicht der vierzigste Theil des Magnetismus, der bei

jedem dieser Versuche auf die Nadel gewirkt hat. Die Veränderlichkeit in der Intensität des Magnetismus durch geringfügige Einflüsse ist an diesen Stellen durch das Ineinandergreifen der Perioden leicht zu erklären, und man hat nicht nöthig zu einer ungleichen Härtung der Stahlnadeln seine Zuflucht zu nehmen, die freilich in manchen Fällen mehr oder weniger vorhanden seyn kann. Ich glaube deshalb aus den beiden erwähnten Versuchsreihen den Schluſs ziehen zu können, der sich auch in anderen Fällen mir schon früher bewährt gezeigt hatte, daſs es gleichgültig ist, an welcher Stelle des Schlieſsungsbogens die Magnetisirungsspirale eingeschaltet wird. Da die Art und Weise der Entladung durch den ganzen Schlieſsungsbogen bedingt wird, so konnte dieſs Resultat erwartet werden.

Versuche mit den Eisendrähten (Taf. IV, Curve XXI bis XXXIII). Bei den Versuchen mit diesen Eisendrähten schienen die verschiedenen anomalen Perioden nicht so zu verschmelzen, wie vorhin, sondern vielmehr sich vorwärts zu verschieben, und durch das Zusammentreffen mit der ersten normalen Periode ihren Untergang zu finden. So rückt die Ausbeugung der Curve nach unten bei der Ladung 8 (Einschaltung 4,18 Meter) auf die Ladung 5 (bei Einschaltung von 9,83 Meter) und verschwindet dann; die anomale Periode von 18 bis 25 bei der Einschaltung 4,18 Meter ändert sich auf 17 bis 22 bei der Einschaltung 9,83 Meter, erscheint bei der Einschaltung von 24,10 Meter noch als schwache normale Periode bei der Ladung 10 bis 20, und ist bei der Einschaltung von 36,17 Meter gänzlich verschwunden, während eine spätere anomale Periode von 36 bis 40 (bei 4,18 Meter Einschaltung) sich allmälig bis auf 17 vordrängt, und dabei zugleich an Stärke gewinnt.

Ein ganz ähnliches Verhalten zeigt sich bei dem dünnen Eisendraht von 0,26248 Mm. Durchmesser; auch hier rücken die Wechsel auf ähnliche Weise noch vor, und verschwinden daselbst, wie dieses aus dem Laufe der drei ersten Curven hervorgeht, während dann in der vierten sich die vorhandenen Perioden der dritten nur ausdehnen, Auf-

fallend ist der ganz ähnliche Gang der Curve bei der Einschaltung von 3,01 Meter des dünnsten Drahts (von 0,26248 Mm. Durchmesser, und von 24,10 Meter des mittleren (von 0,6437 Mm. Durchmesser), da in beiden Versuchsreihen die Einschaltungen beinahe gleich sind, weil sich die Leitungswiderstände beider Drähte wie 1 : 6 zu einander verhalten. Es scheint also dieses Verschieben und Verschwinden der anomalen Perioden bis auf einige Modificationen von der Gröfse des Widerstands im Eisendraht abzuhängen; indem die vorhin genannten Curven offenbar eine Versuchsreihe anzeigen, bei welcher ein Theil der normalen und anomalen Perioden im Verschwinden begriffen ist.

Als ein sehr dicker Eisendraht von 1,2723 Mm. Durchmesser selbst in sehr bedeutender Länge angewendet wurde, zeigte sich die anomale Periode noch bei weitem stärker ausgebildet, so dafs ich annehmen mufs, es werde bei einer Einschaltung eines Eisendrahts die normale und anomale Periode um so kräftiger auftreten, je dicker die angewandten Eisendrähte sind.

VII. Der besondere, von der Leitungsfähigkeit gänzlich verschiedene Einflufs einzelner Metalle, nebst einigen vorläufigen Bemerkungen über die bis jetzt betrachtete als Interferenzphänomen sich darstellende Erscheinung.

Vergleicht man die mit den verschiedenen Metallen angestellten, in dem vorigen Abschnitte mitgetheilten Versuche, so ergiebt sich ein merkwürdiger Unterschied zwischen den durch die Einschaltung des Kupfer- und Messingdrahts, und den durch die Einschaltung des Eisendrahts erhaltenen Resultaten. Während bei der Einschaltung eines dünnen Kupfer- und Messingdrahts die anomalen Perioden mit der Länge des angewandten Drahts sich zwar ausdehnen, aber keine bedeutende magnetische Intensität in der Nadel zu erzeugen vermögen, so entstehen bei der Einschaltung des Eisendrahts anomale Perioden von sehr bedeutender Stärke, die oft der ersten besonders kräftigen anomalen Periode

nicht nachstehen. Noch stärker tritt der Unterschied zwischen den genannten Metallen hervor, wenn man die Einwirkungen dicker Drähte mit einander vergleicht. Während ein dicker Kupferdraht die Magnetisirungen der verschiedenen Perioden aufserordentlich schwächt, so verstärkt sie gerade ein dicker Eisendraht, und es scheint diese Verstärkung mit der Dicke des Drahts zu wachsen. Auch ein anderer schon vorhin erwähnter Umstand läfst auf eine ungleiche Einwirkung dieser Metalle schliefsen, nämlich die Art und Weise, wie die bei geringer Einschaltung noch vorhandenen zahlreichen anomalen Perioden durch eine vermehrte Einschaltung nach und nach verschwinden; beim Kupferdraht verschwinden dieselben durch Zusammenschmelzung mit den zunächst liegenden, ohne ihre Stelle eher zu verlassen, als bis die sich vergröfsernde erste normale Periode die Anfänge der folgenden Perioden etwas zurückschiebt. Dem Kupfer schliefst sich in seinen Wirkungen das Messing an, nur sind die Erscheinungen in sofern modificirt, als die Leitungsfähigkeit des Messings der Leitungsfähigkeit des Kupfers nachsteht. Bei dem Eisen verliert sich dagegen ein Theil der anomalen Perioden, indem dieselben in den gezeichneten Curven nach vorn rücken, und durch die daselbst vorhandene normale Periode aufgehoben werden.

Das Eisen leitet freilich die Elektricität noch schlechter als das Messing; dafs aber diese Differenz in der Leitungsfähigkeit nicht dasjenige ist, was jenen vorhin erwähnten Unterschied zwischen dem Kupfer (und Messing) und Eisen hervorbringt, zeigt sich sogleich, wenn man die Leitungsfähigkeiten der einzelnen Drähte unter einander vergleicht. Sind auch die einzelnen Versuche nicht mit Längen der verschiedenen Metalldrähte, welche gerade dieselben Widerstände darbieten, angestellt, so liegen doch stets die mit einem Metalle angestellten Versuche zwischen zwei das andere Metall betreffenden Versuchsreihen. Gern hätte ich die Drähte der verschiedenen Metalle auch von solchem Querschnitt angewandt, dafs dieselben bei gleichen

Längen genau gleichen Widerstand gewährten; da es sich jedoch nicht durchführen liefs, so habe ich mehrere Versuchsreihen mit wachsendem Durchmesser der Drähte angestellt. Dafs die starke anomale Periode bei der Einschaltung des Eisendrahts nicht von der geringen Leitungsfähigkeit desselben herrührt, sieht man auch sogleich aus den mit dem Neusilber ausgeführten Versuchen, denn obwohl dieses Metall nur etwa halb so gut leitet, als das Eisen, so scheint doch gerade bei diesem Metalle die anomale Periode erst sehr spät einzutreten, während das Eisen sie schon möglichst früh erzeugt. Ob das Silber sich hierin dem Neusilber anschliefse, wie die angeführten Versuche vermuthen lassen, mag ich jetzt nicht bestimmen, da zu einer sicheren Entscheidung noch Versuche mit dickeren Drähten nothwendig sind; es wäre nämlich nicht unmöglich, dafs die so aufserordentlich geringe Dicke des Silberdrahts eine solche Aenderung in den Magnetisirungen veranlafst hätte. Sobald Ladungen von ungefähr 35 an durch den Silberdraht selbst von 7,08 Meter Länge geleitet wurden, dehnte derselbe sich merklich aus, wie man deutlich an der Senkung des leicht ausgespannten Drahts sah; wenn zuletzt sehr bedeutende Elektricitätsmengen durch denselben entladen wurden, so war er in Folge dessen ziemlich regelmäfsig mit winkligen Ausbiegungen versehen. Nicht ohne Interesse werden die Versuche mit dem Platin seyn, da es in manchen seiner Eigenschaften, wie z. B. in den Elasticitätsverhältnissen, und dem Verhalten bei dem Eintritt und der Unterbrechung elektrischer Ströme, ja selbst in der Leitungsfähigkeit dem Eisen sehr nahe steht. Leider ist es nicht möglich so grofse Massen Platindraht anzuwenden, als bei den bisherigen Versuchen erfordert wurden. Dasselbe gilt auch von mehreren anderen Metallen, bei denen entweder der hohe Preis oder die Unmöglichkeit, hinlänglich lange Drähte darzustellen, die genaue Untersuchung verhindert. Ich beabsichtige deshalb mit diesen Metallen Versuche nach der zuerst von Savary angewandten Methode anzustellen, indem ich die Entladung der Batterie mittelst

eines nur einige Meter langen Drahts vor einer Reihe in verschiedenen Entfernungen aufgestellten Nadeln vorbeigehen lasse. Um aber durch dieses Verfahren hinlänglich brauchbare Resultate zu erlangen, mufs ich erst die Oberfläche der Batterie noch vergröfsern (vergl. den V. Abschnitt).

Soll ich schliefslich nach dem Vorhergehenden noch meine Ansicht aussprechen über die Ursachen, welche im Eisen diese eigenthümliche Wirkung hervorruft, so scheint dieselbe in der magnetischen Natur des Eisens gesucht werden zu müssen. Indem nämlich der Entladungsfunke der Batterie durch die kleinsten Theilchen des Eisendrahts hingeht, erregt er zur Seite in den einzelnen Theilchen Magnetismus, oder die ihn, nach Ampère, ersetzenden kleinen geschlossenen Ströme, und der zurückwirkende Einflufs dieser auf den Funken erzeugt die früher erwähnte Erscheinung. Es wird sich die Richtigkeit des Ebengesagten auch durch das Experiment nachweisen lassen; es ist nur nöthig, neben dem Kupferdraht (durch welchen ein Batteriefunke schlägt) und senkrecht auf demselben ein etwas breites Eisenblech oder eine Eisenröhre anzubringen, und den zurückwirkenden Einflufs derselben auf den Entladungsfunken zu bestimmen. Noch einfacher ist es vielleicht, in eine Spirale einen Eisenkern einzuführen, um zu sehen, ob hiedurch die anomalen Perioden verstärkt werden. Ich werde nicht unterlassen die eben erwähnten Versuche anzustellen und später mitzutheilen.

Ueberhaupt habe ich in vorliegender Abhandlung alles Theoretische fast gänzlich vermieden, und ich behalte mir die weitere Bearbeitung der mitgetheilten Versuche für eine folgende Abhandlung vor. Nur so viel sey hier noch bemerkt, dafs das ganze in dieser Abhandlung besprochene Phänomen ein Interferenzphänomen zwischen den aufeinanfolgenden Partialfunken des Entladungsschlages oder zwischen den gewissermafsen wellenförmigen Bewegungen derselben ist. In dem Drahte besteht die Fortleitung des elektrischen Funkens nur in einer Aenderung des Molecular-

zustands, die nach dem Aufhören des Funkens ebenfalls wieder aufhört. Der Eintritt und das Aufhören dieser Veränderungen erzeugt nun eine den Wellen vergleichbare Erscheinung, und durch das Zusammentreffen des Endes eines Funkens mit dem Anfange eines folgenden entsteht eben so gut eine Interferenz, als durch das Zusammentreffen des Berges und Thales der Wasserwellen. Es könnten nun unter den verschiedenen Einwirkungen von Innen und Aufsen theils die Längen dieser Wellen, also die Längen der Funken, oder vielmehr die Zeiten zwischen dem Anfange und dem Ende dieser Molecularveränderungen im Drahte sich vergröfsern oder verkleinern (Entstehung verschiedener Farben der Elektricität), oder es könnten durch die eingeschalteten Drähte aus vorhandenen gemischten Wellen (wenn ich dieses Ausdrucks mich bedienen darf) der Perioden einige vernichtet werden, wenn sie sich mit dem Gefüge des Drahts durchaus nicht vereinigen lassen, während andere ungehindert in dem Drahte entstehen und vergehen (farbige Absorption), oder es könnten die Geschwindigkeiten in der Aufeinanderfolge und der Fortleitung sich ändern. Die Ausführung dieser Untersuchung würde aber die vorliegende Abhandlung zu sehr vergröfsern, und soll deshalb für eine besondere Abhandlung aufgespart werden.

Nur so viel sey, um diese rein experimentellen Mittheilungen auch mit einem Versuche zu schliefsen, noch angemerkt, dafs es sich leicht durch das Experiment nachweisen läfst, wie wirklich unter entsprechenden Umständen durch eine einzige Entladung der Batterie eine Reihe von entgegengesetzten Magnetisirungen in der Nadel vorgehen. Legt man z. B. in die Spirale eine Nähnadel, welche man durch einen Magneten in demselben Sinne stark magnetisirt hat, wie sie die anomale Periode magnetisiren würde, und ladet die Batterie so weit, dafs die Entladung in einer nicht magnetischen Nadel eine nur schwache anomale Magnetisirung erzeugen würde, so wird die in die Spirale hineingelegte, vorher stark magnetisirte Nadel nach der genannten Entladung sich ebenfalls nur schwach magnetisirt

zei-

zeigen, zum deutlichen Beweise, dafs schon eine oder mehrere normale Magnetisirungen sie getroffen haben. Eben so verhält es sich, wenn eine durch einen Magneten im normalen Sinne stark magnetisirte Nadel in die Spirale eingelegt wird.

III. *Elektrische Spannungserscheinungen, selbst Funken an ungeschlossenen Inductionsspiralen und an Magneten, welche Elektricität in diesen Spiralen induciren;* *vom Dr. Sinsteden in Pasewalk.*

Die Spannungserscheinungen an ungeschlossenen galvanischen Säulen sind häufig untersucht, kürzlich noch in grofsartiger Weise von J. Gassiot an einer Batterie von 3520 Paaren, welche mittelst Regenwasser geladen wurde [1]). Weniger ist dieses bei Inductionsspiralen geschehen, mochte der Elektromotor ein Stahlmagnet, oder ein Elektromagnet, oder eine blofse Schliefsungsspirale eines hydroelektrischen Erregers seyn.

Die vor einigen Jahren zufällig gemachte Beobachtung eines Funkens an dem einen Ende einer ungeschlossenen Inductionsspirale, dem ich einen spitzigen Leiter genähert hatte, veranlafste mich dieser Erscheinung weiter nachzuforschen und die Spannungserscheinungen an offenen Inductionsspiralen überhaupt zu untersuchen, wobei ich auf einige merkwürdige Erscheinungen gekommen bin, welche ich mir erlaube hier mitzutheilen.

1) Spannungserscheinungen, beobachtet an einer Saxton'schen magneto-elektrischen Maschine.

Der angewandte Saxton'sche magneto-elektrische Apparat nach der Oertling'schen [2]) Einrichtung hat folgende Verhältnisse. Der Stahlmagnet, 27 Pfund schwer, hat eine Tragkraft von 200 Pfund. Die aus weichen isolirten Ei-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 65, S. 476.

2) Dove's Untersuch. im Geb. der Inductionselektricit. Berlin 1842. S. 71.

sendrähten bestehenden Eisenkerne der Inductionsrollen sind $2\frac{1}{4}$ Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll dick. Auf jeden Eisenkern sind 1640 F. mit Seide übersponnenen Kupferdrahts von $\frac{1}{4}$ Lin. Dicke gewickelt und die Drahtenden beider Inductionsrollen successiv verbunden, so dafs die ganze Drahtlänge 3280 Fufs beträgt. Da eine gewöhnliche Isolation der einzelnen Maschinentheile nicht ausreichte, über Spannungserscheinungen sich immer gleichbleibende Resultate zu erhalten, so wurde einmal die ganze Maschine auf vier $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Gummielasticum-Scheiben gestellt, und die Ständer, welche die auf den Polwalzen schleifenden Federn tragen, erhielten 3 Zoll hohe, mit Schellack überzogene Glasfüfse. Ich klebte ferner auf die Magnetpole ein Stück Wachstaffet, überzog die den Polen zugekehrten Enden der Eisendrahtbündel mit einer dicken Lage Schellack, und liefs sie $1\frac{1}{2}$ Linie von den Magnetpolen entfernt rotiren.

Endlich wurde die Holzscheibe, durch welche die Maschine in Bewegung gesetzt wird, mit einem gläsernen überlackten Handgriffe versehen.

Wenn jetzt die beiden gespaltenen Federn an die isolirten Ständer, die ich später immer *A* und *B* nennen werde, angeschraubt waren, und die Polwalzen so berührten, dafs die alternirenden Ströme in gleichgerichtete verwandelt werden, so sind diese beiden Ständer, *A* und *B*, als die ruhenden Enden der 3280 Fufs langen Inductionsspirale anzusehen, die bei sich gleichbleibender Drehung der Maschine stets dieselbe Elektricität behalten. Tauchten zwei in die Ständer *A* und *B* eingeklemmte Platindrähte in eine Kupfervitriollösung, so setzte sich bei Bewegung der Maschine sogleich metallisches Kupfer an den Draht des Ständers *B*. Wurde ein Galvanometer an die Ständer befestigt, so, dafs dafs das Drahtende, welches von Süd nach Nord über der Magnetnadel verläuft, an den Ständer *A*, das andere, welches unter der Magnetnadel von Nord nach Süd zurückkommt, an den Ständer *B* angeschraubt ward, so wich der Nordpol der Nadel nach Westen ab, und blieb, so lange die Maschine gedreht wurde, auf 90° stehen. Der Stän-

der A war also positiv, der Ständer B negativ elektrisch. Nach Entfernung des schliefsenden Galvanometers untersuchte ich jetzt die Spannungselektricität der Ständer A und B mit einem Goldblattelektrometer, welches 3 Zoll im Durchmesser haltende Condensatorplatten trug, indem ich das eine Ende eines kupfernen Leitungsdrahts (L) an den zu untersuchenden Ständer anschraubte und das andere Ende desselben mittelst eines gläsernen Führungsstabes an die untere Condensatorplatte führte, während die obere Condensatorplatte ableitend berührt wurde. Hier zeigte sich nun an beiden Ständern freie Elektricität in vollem Maafse, indem, wenn kein Ständer mit der Erde leitend verbunden war, die Blätter des Condensators nach Abnahme der oberen Platte gegen einen Zoll auseinandergingen. Näherte ich dem durch den Ständer A geladenen Elektrometer eine geriebene Glasstange, so wurde die Divergenz vermehrt, während eine geriebene Siegellackstange dieselbe verminderte: der Ständer A hatte also positive Spannungselektricität. Der Ständer B, in derselben Weise untersucht, zeigte negative Spannungselektricität. Wurde der nicht zu untersuchende Ständer mit der Erde leitend verbunden, so vermehrte sich die Elektricität an dem andern Ständer bedeutend: die Goldblätter wurden 5 Zoll auseinander geschleudert, und setzten sich an die Wände des Glasgefäfses, worin sie hinabhingen, fest. Die abgehobene Condensatorplatte gab ein $\frac{1}{8}$ Zoll langes Fünkchen. Es gelang sehr leicht, eine kleine Leidener Flasche zu laden, wenn die beiden Belegungen je mit einem Ständer auf eine kurze Zeit in Berührung gebracht wurden. Funken, physiologische, galvanometrische und elektrolytische Wirkungen konnten an den ungeschlossenen Ständern A und B nicht bemerkbar gemacht werden. Dagegen zeigte sich eine andere beachtenswerthe Erscheinung, die nämlich, *dafs der Stahlmagnet immer diejenige Spannungselektricität und beinahe in gleichem Maafse kund gab, welche an dem nicht mit der Erde verbundenen Ständer gefunden wurde.* War der Ständer B mit der Erde leitend verbunden, der Ständer A

aber isolirt, und wurde der an den Magnet angeklemmte Leitungsdraht (L) mit der unteren Condensatorplatte in Berührung gebracht, während die obere ableitend berührt wurde, so zeigte der Magnet positive Spannungselektricität, — negative dagegen, wenn der Ständer A zur Erde ableitete, und der Ständer B isolirt war. Wurde der an den Condensator geführte Leitungsdraht L sowohl mit dem Magnet als auch mit dem einen oder dem anderen Ständer leitend verbunden, während der entgegengesetzte Ständer zur Erde ableitete, so wurden die Elektrometerblätter so heftig auseinandergeworfen, daſs sie jedesmal in Unordnung geriethen. Wurden beide Ständer unter sich (wo dann also ein geschlossener Strom entstand) oder gleichzeitig mit der Erde verbunden, so zeigte der Stahlmagnet keine Spur freier Elektricität.

Daſs der Stahlmagnet dieselbe Elektricität zeigte, wie das isolirte Drahtende des Inductors, beweist, daſs der Magnet nicht nach dem Gesetze der Vertheilung gewöhnlicher Glasmaschinenelektricität elektrisch wurde, denn alsdann hätte der Magnet an dem, dem Inductor zugewandten Ende die entgegengesetzte Elektricität des ersteren zeigen müssen; hier scheint vielmehr ein anderes, elektrodynamisches Gesetz zu walten, und es gehört die Erscheinung des Elektrischwerdens des Stahlmagnets vielleicht zu den Vorgängen, welche Hr. Prof. Fechner [1]) mit geistigem Auge vorhergesehen hat.

Wurden die Enden der Inductionsspirale, oder, was dasselbe ist, die Ständer A und B in dem Moment auf Spannungselektricität untersucht, wo eine vorhergegangene Schlieſsung unterbrochen ward, wo sich also, wenn eine Nebenschlieſsung vorhanden gewesen wäre, ein Trennungsstrom (Extrastrom) gebildet haben würde, so waren jetzt die Spannungserscheinungen nicht nur viel stärker als früher, *sondern es zeigten die ungeschlossenen Ständer, jeder für sich, auch Funken und physiologische Wirkungen.*

Zu dieser Untersuchung wurde die Maschine folgendermaſsen eingerichtet (Taf. III, Fig. 3) In den isolirten Stän-

1) Poggendorff's Annalen, 1845, Bd 64, S. 343.

der A wurden zwei einfache Federn eingespannt; die eine schleifte auf der einen Walze (W^1) beständig auf Metall, die zweite traf bei einer Umdrehung des Inductors vier Mal auf einen Horneinsatz der anderen Walze (W^2). Jeder Horneinsatz nahm den sechsten Theil des Umfangs der Walze ein, so dafs also die Spirale bei einer Umdrehung vier Mal auf sehr kurze Zeit geschlossen und vier Mal auf etwas längere Zeit geöffnet wurde. An dem isolirten Ständer B wurde ein dünner Stahldraht (S) mit scharfer Spitze so angeschraubt, dafs die Spitze die erstere Walze (W^1) beinahe berührte. Die zweite Walze (W^2), worauf die intermittirende Feder schleifte, wurde auf irgend eine Weise mit der Erde leitend verbunden. Bei der Rotation des Inductors fand nun Folgendes statt: Berührten die beiden Federn des Ständers A Metall auf beiden Walzen, so entstand in der Spirale ein Strom, und es konnte keine freie Elektricität an den Stahldraht (S) übergehen, zumal jetzt beide Walzen und der Ständer A mit der Erde in leitender Verbindung standen; traf die intermittirende Feder auf Horn, so hörte der Strom auf, freie Elektricität sammelte sich auf beiden Walzen; aber nur die Walze mit den Horneinsätzen war jetzt mit der Erde verbunden, und leitete also ihre freie Elektricität sogleich zur Erde, die erste Walze dagegen, so wie der Ständer A, waren isolirt, und die freie Elektricität dieser Walze (W^1) ging auf die Stahlspitze (S) und den Ständer B über. Wurde jetzt ein an den Ständer B befestigter Leitungsdraht L an das Elektrometer gebracht, so zeigte sich *freie Elektricität auch ohne Anwendung des Condensators; die Goldblätter blieben, so lange die Maschine bewegt* und der Leitungsdraht an den Elektrometerknopf gehalten wurde, *in fortwährendem lebhaften Hüpfen.* Wurde das Elektrometer nur auf einen Augenblick mit dem Leitungsdraht berührt, so blieben die Goldblätter 1 bis 1½ Zoll weit auseinander stehen, und zeigten, mit einer geriebenen Glas- oder Siegellackstange untersucht, wie natürlich von selbst einleuchtet, bald positive, bald negative Elektricität.

Zwischen der Stahlspitze (S) und der nahe gegenüberstehenden Walze (W^1) schlugen unaufhörlich kleine Fünkchen über, so schnell, dafs hier ein ruhender leuchtender Punkt erschien, und näherte man den am Ständer B befestigten Leitungsdraht L, der mit Seide umsponnen war, einem Leiter, z. B. dem Rücken der Hand oder sonst einer empfindlichen Hautstelle, so schlugen sogar durch das Seidengespinnst Fünkchen hindurch, die ein höchst schmerzhaftes Stechen verursachten, ähnlich demjenigen, welches man empfindet, wenn man den Knopf einer geladenen Leidener Flasche berührt.

Ich liefs dieses Fünkchen längere Zeit auf nasses Jodkalium schlagen, wo es sehr energisch glänzte, oder auf Jodkaliumkleister, aber es zeigte sich danach nicht eine Spur freigewordenen Jods. Befestigte ich das eine Drahtende eines Galvanometers von 200 Drahtwindungen an den Ständer *B*, während das andere Ende mit der Erde verbunden war, so wurde die Magnetnadel nicht im Mindesten afficirt, obgleich das ableitende Galvanometerdrahtende, der Hand genähert, Fünkchen gab und Stechen verursachte. Ganz dieselben Erscheinungen zeigte das andere Ende der Inductionsspirale, die Walze W^2, wenn die Stahlspitze *S* dem Metall dieser Walze gegenüber befestigt wurde und der Ständer *A* zur Erde ableitete. Auch dieses freie, ungeschlossene Ende der Inductionsspirale zeigte am Elektrometer freie Elektricität, gab Funken, wenn ihm ein Leiter genähert wurde, und verursachte, war dieser genäherte Leiter eine empfindliche Hautstelle, heftiges Brennen.

In demselben Maafse wie die Spannungselektricität der Drahtspirale viel kräftiger hervortrat, wenn nach einer vorhergegangenen Schliefsung der Strom unterbrochen ward, so zeigte auch *der Stahlmagnet jetzt stärkere Spannungselektricität, indem er nicht nur kräftiger auf das Elektrometer wirkte, und brennende Empfindung auf einer zarten Hautstelle verursachte, sondern ein spitziger Leiter, der mit keinem Theile der Maschine in irgend einer Verbindung stand, demselben auch Fünkchen entlockte.* Brachte ich den am

Ständer *B* befestigten Leitungsdraht *L* mit einer mit Seide umsponnenen Stelle an den Magnet, so erschienen hier die lebhaftesten Fünkchen; berührte man mit dem Leitungsdraht *L* das Gesicht, während man einen an dem Magnet befestigten Draht in den Mund nahm, so empfand man so heftiges Brennen, dafs es auch nicht nur wenige Secunden zu ertragen war. Hieraus mufste geschlossen werden, dafs jetzt der Stahlmagnet die entgegengesetzte Spannungselektricität des nicht mit der Erde in leitende Verbindung gesetzten Drahtendes der Inductionsspirale habe. Da der Oertling'sche Commutator nicht wie der Keil'sche, Stöhrer'sche oder Petrina'sche gleichgerichtete, sondern alternirende Trennungsströme giebt, so konnte eine Untersuchung über die Art der Elektricität des Magnets, oder des einen oder anderen Endes der Inductionsspirale bei der angegebenen Vorrichtung meiner Maschine gar nicht stattfinden.

Um dieses zu können, wurde die Maschine folgendermafsen eingerichtet (Taf. III, Fig. 4). Zwei einfache, vom Ständer *A* ausgehende Federn lagen so auf je einer Walze, dafs beide bei einer halben Umdrehung des Inductors Metall, bei der zweiten halben Umdrehung Horn berührten; die auf der Axe des Inductors drehbare Walze W^2 wurde aber so gedreht, dafs entweder die eine oder die andere Feder um $\frac{1}{8}$ Kreisdrehung früher auf den Horneinsatz kam, als die andere, welche dann, nach geschehener Unterbrechung des Stroms durch die erste Feder, noch um $\frac{1}{8}$ Kreisdrehung des Inductors das Metall ihrer Walze berührte. In dem mit der Erde in leitende Verbindung gesetzten Ständer *B* wurde eine Feder befestigt, welche, je nachdem das eine oder andere Ende der Spirale untersucht werden sollte, entweder auf der ersten oder auf der zweiten Walze fortwährend Metall berührte (Fig. 4 und 5). Der zum Condensator führende Leitungsdraht *L* blieb in beiden Fällen im Ständer *A* befestigt. Wenn man jetzt den Inductor eine langsame Umdrehung machen liefs, so ist leicht ersichtlich, dafs dem Ständer *A* nur im Momente nach der Unterbrechung des Stroms freie Elektricität zugeführt werden konnte: denn

berührten beide Federn den halbkreisförmigen Horneinsatz, so hatten zwar beide Walzen freie Elektricität, aber der Ständer *A* war nicht mit ihnen in metallischer Berührung, — trat nun die eine der beiden Federn vom Horn auf das Metall, so konnte die hier angesammelte freie Elektricität dem Ständer nicht zugeführt werden, weil durch die Feder des Ständers *B*, welche ebenfalls das Metall dieser Walze berührte, diese freie Elektricität dem Erdboden zugeführt wurde, — trafen alsdann beide Federn des Ständers *A* auf Metall, so entstand ein Strom, keine freie Elektricität, — und nur erst dann, wenn die eine Feder des Ständers *A* das Metall verliefs, war die andere Feder noch während einer sechstel Umdrehung mit dem Metall ihrer Walze in Berührung, und führte die nach der Stromtrennung sich hier sammelnde freie Elektricität dem Ständer *A* zu.

Bei diesem Arrangement kam natürlich nur die Wirkung einer halben Umdrehung des Inductors zur Untersuchung, die Wirkung der andern halben Umdrehung ging verloren; aber der Ständer *A* konnte immer nur eine und dieselbe Elektricität zur Untersuchung hergeben. Wiederholte Beobachtungen mit dem Elektrometer zeigten nun, dafs das Ende der Inductionsspirale, welches in den früren Versuchen, ohne Schliefsung und Unterbrechung der Spirale, positive Elektricität gegeben hatte, jetzt negative, und das entgegengesetzte Ende der Inclinationsspirale positive Elektricität kund gab.

Gegen Erwarten zeigte der Stahlmagnet bei der so eben angegebenen Vorrichtung der Maschine nicht eine und dieselbe Elektricität, wenn eines der beiden Spiralenden zur Erde ableitete, sondern bei den häufig wiederholten Versuchen eben so oft positive als negative Elektricität, und es war kein Unterschied bemerkbar, mochte nun die eine oder die andere Walze zur Erde ableiten. Dieser Vorgang ist vielleicht nur eine Unregelmäfsigkeit, welche in einer mangelhaften Einrichtung der Maschine begründet ist; ein Commutator, der genau die alternirenden Trennungsströme in gleichgerichtete verwandelt, dürfte diese scheinbare Unregelmäfsigkeit berichtigen. Mir steht ein solcher nicht zu Gebot.

2) Spannungerscheinungen, untersucht an einer elektromagnetischen Inductionsrolle.

Der angewandte Apparat bestand in Folgendem. Als Schliefsungsdraht einer galvanischen Kette wurden sechs, etwa 23 Fufs lange, $\frac{1}{7}$ Linie dicke, mit Seide umsponnene Kupferdrähte um ein 5 Zoll langes, $\frac{5}{4}$ Zoll weites Holzrohr von dünnen Wänden gewickelt. Zu Anfang und Ende waren die sechs Drähte unter sich mit Zinn zusammengelöthet, und standen mit der galvanischen Kette durch ein sogenanntes Blitzrad in Verbindung. Diese Schliefsungsspirale wurde mit Wachstafft umgeben, und darüber in gleicher Richtung mit ihr die vorher genannte Inductionsspirale von 3280 Fufs Länge gewickelt. Die beiden Enden derselben standen etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs frei vor, und konnten mittelst eines isolirenden Glasstabes an das Elektrometer etc. gebracht werden. In der Höhlung der Schliefsungsspirale steckte, umgeben von einem Glascylinder mit dickem Boden, ein 6 Zoll langes, aus isolirten Eisendrähten bestehendes Bündel von einem Zoll Durchmesser. Wenn nun durch Drehung des Blitzrades die Schliefsungsspirale abwechselnd geschlossen und geöffnet wurde, so zeigten sich alle Spannungserscheinungen, wie sie oben bei dem Magnetoelektrischen Apparate beschrieben worden sind. Jedes der ungeschlossenen Enden der Inductionsspirale gab nicht nur am Elektrometer starke Elektricität kund, sondern jedes dieser Enden für sich gab auch Funken, wenn ihm ein Leiter genähert wurde, und verursachte, in Berührung mit der Haut, empfindliches Brennen. Alle diese Erscheinungen würden bedeutend verstärkt, wenn das gerade nicht zu untersuchende Ende der Spirale zur Erde ableitete. Fafste man mit der einen Hand das Drahtende der Inductionsspirale, welches die äufsersten Windungen macht, und welches ich mit *A* bezeichnen will, und berührte mit der anderen Hand das eine oder andere Ende der Schliefsungsspirale, so empfand man ganz merkliche Erschütterungen, die sich bis in das Handgelenk erstreckten. Fafste man das andere, der Schliefsungsspirale zunächst liegende Ende der Inductionsspirale, welches *B* heifsen mag, mit einer Hand und

mit der anderen ein Ende der Schliefsungsspirale, so fühlte man nicht nur kein Zucken, sondern auch das Brennen, welches das Ende *B* für sich allein verursachte, hörte auf. Befestigte man einen isolirten Leitungsdraht an das von dem Glascylinder umgebene Eisendrahtbündel und führte ihn an das Elektrometer, so divergirten die Goldblätter oft 4 bis 5 Z. Näherte man dem Eisendrahtbündel einen spitzigen Leiter, so schlugen unaufhörlich glänzende Fünkchen über. Berührte man eine spitzige Kante des Eisendrahtbündels mit einer empfindlichen Hautstelle, so fühlte man hier ein schmerzhaftes Brennen; fafste man gleichzeitig ein Ende der Schliefsungsspirale oder das Ende *B* der Inductionsspirale, so hörte das Brennen an der Berührungsstelle des Eisendrahtbündels beinahe ganz auf; dagegen wurde es bedeutend stärker, wenn zugleich mit dem Eisendrahtbündel das Ende *A* der Inductionsspirale angefafst wurde.

Alle diese Erscheinungen fanden *mutatis mutandis* auch dann statt, wenn die besondere Schliefsungsspirale ganz beseitigt war, und der Strom der galvanischen Kette durch die 3280 Fufs lange Spirale selbst geleitet und unterbrochen wurde. Im Moment der Unterbrechung des Stroms zeigte jedes Ende der Spirale, so wie das Eisendrahtbündel, jedes für sich, Funken, elektrometrische und physiologische Erscheinungen. Auch zeigten sich diese Erscheinungen an den Enden der Spirale, wenn statt des Eisendrahtbündels ein massiver Eisenkern, oder auch, wenn gar kein Eisenkern in der Spirale steckte; nur waren sie schwächer.

Masson und Breguet (vergl. *Archives de l'électricité*, 1842, *p.* 381.) haben bei ihren Versuchen mit einem ähnlichen Apparate, bei dem aber die Schliefsungsspirale ebenfalls sehr lang war, nur von den Erschütterungen gesprochen, die man empfindet, wenn man ein Ende der Inductions- und ein Ende der Schliefsungsspirale mit den Händen anfafst, während die Schliefsungsspirale abwechselnd geschlossen und geöffnet wird. Dafs jedes einzelne ungeschlossene Ende der Inductionsspirale (bei ihrem Apparate jedenfalls auch jedes der Schliefsungsspirale) Spannungs-

elektricität, Funken und Brennen auf der Haut verursacht, haben sie nicht erwähnt; eben so wenig haben sie an einem in den Spiralen steckenden Eisenkerne Spannungselektricität, Funken und Brennen auf der Haut beobachtet. Jedenfalls würden sie an dem von ihnen beschriebenen Apparate diese Erscheinungen sehr energisch eintreten gesehen haben, wenn sie die deshalb erforderlichen Untersuchungen angestellt hätten. Sie erklären die Erschütterungen, die sie erhielten, wenn je ein Drahtende der beiden Spiralen angefafst wird, dadurch, dafs sie annehmen, die beiden Drähte befänden sich im Momente der Unterbrechung des Stroms in demselben Verhalten, wie *zwei* geladene Leidener Flaschen. Die Länge der Drähte bringe dieselben Isolationsverhältnisse zwischen ihren äufsersten Enden hervor, wie die Glastafel bei der Leidener Flasche; die Ausgleichung der an den Drahtenden angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten fände durch den Körper desjenigen statt, der diese Enden anfasse und die Erschütterung erhalte, indem der menschliche Körper die Elektricität besser leite, als ein Kupferdraht von sehr grofser Länge!

So ausgesprochen, läfst sich dieses unmöglich als richtig annehmen, da ein 15 Meilen langer Kupferdraht noch besser leitet, als der menschliche Körper. Die Beobachter selbst scheinen auch die erhaltenen Erschütterungen nicht geradezu mit dem Schlage einer Leidener Flasche zu vergleichen, denn sie sprechen ausdrücklich von *zwei* geladenen Leidener Flaschen. — Aber ganz andere Dinge sind ein sehr langer Kupferdraht, welcher Elektricität blofs *leitet,* — und ein Kupferdraht in dem Momente, wo die natürliche Elektricität in allen seinen Atomen auseinanderfährt und die getrennten Elektricitäten nun nach den entgegengesetzten Drahtenden mit der ungeheuersten Geschwindigkeit hinwogen. Die heranstürmende Meereswelle zertrümmert vor sich Felswände, und doch hat sie hinter sich nur weiches, leichtbewegliches Wasser. Kann man nun behaupten, die Welle könne den Felsen nicht zertrümmern, weil er gröfseren Widerstand leiste als Wasser?!

Man kann den besprochenen elektrischen Vorgang fol-

gendermaſsen naturgemäſs auffaſsen. Wenn zwei isolirt stehende, entgegengesetzt geladene Leidener Flaschen gleichzeitig einen Augenblick an den Knöpfen berührt werden; so wird der Berührende keinen eigentlichen Schlag empfinden, indem die entgegengesetzten Elektricitäten der Knöpfe durch die Elektricitäten der äuſseren, isolirten Belegungen gebunden gehalten werden. Es wird vielmehr nur ein Theil der an den Knöpfen angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten durch den Körper des Berührenden abgeglichen werden. Berührt man jetzt auf einen Augenblick die beiden äuſseren Belegungen, so werden die jetzt hier vorwaltend angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten sich theilweise durch den Körper des sie Berührenden abgleichen, und so immer weiter, bis endlich beide Flaschen ganz entladen sind. Bei diesen Berührungen der Knöpfe sowohl als der äuſseren Belegungen, werden Funken auf die berührenden Finger strömen, man wird schmerzhaftes Brennen verspüren, es wird selbst eine Zuckung in den Handgelenken empfunden werden.

Ganz derselbe Vorgang, wie er bei den Leidener Flaschen *andauernd* besteht, findet bei den Drahtspiralen *momentan* statt. Indem die Schlieſsungsspirale geöffnet wird, bildet sich in ihr, so wie in der Inductionsspirale, ein secundärer Strom (Extrastrom); da die Drähte aber nicht geschlossen sind, so sammelt und verdichtet sich die Elektricität an den Drahtenden, und berührt man in diesem Momente ein Ende der Schlieſsungs- und ein Ende der Inductionsspirale, welche beide die entgegengesetzte Elektricität in starker Spannung angehäuft enthalten, so werden sich diese durch den Körper des sie Berührenden ausgleichen müssen. Ganz unstatthaft wäre die Behauptung, die nach den Enden der Spiralen sich heftig bewegenden und gespannten Elektricitäten könnten sich nicht durch den, starken Widerstand leistenden menschlichen Körper ausgleichen, weil der Kupferdraht ein guter Leiter sey, und die an den Enden angehäuften Elektricitäten sich daher durch ihn selbst wieder ausgleichen würden. Denn da die *In-*

ductionsströme **momentane** Ströme sind, so hieſse das behaupten, die nach den Drahtenden hin sich bewegenden entgegengesetzten Elektricitäten bewegten sich gleichzeitig auch von den Enden rückwärts. Eine Bewegung nach vorwärts kann ja nicht gleichzeitig eine Bewegung nach rückwärts seyn. Es ist also nicht die *Länge* des Drahts, welche hier die Glastafel der Leidener Flasche vertritt, wie Masson und Breguet behaupten, sondern es ist eben die *Bewegung* der Elektricitäten nach den Drahtenden hin, welche sie hier anhäuft, verhindert, daſs sie durch den gut leitenden Draht sich ausgleichen und sie zwingt durch den menschlichen Körper zu gehen. Die *Bewegung* der Elektricitäten nach den Enden der Spiraldrähte im Momente, wo sich der Extrastrom bildet, ist es, welche diesem gut leitenden Drahte eine *momentane* Coërcitivkraft [1]) für die Elektricität giebt, so wie weiches Eisen, um welches sich ein elektrischer Strom bewegt, Coërcitivkraft für den Magnetismus erhält, die es für sich nicht hat, da es vielmehr den Magnetismus gut leitet.

Wenn man einem geladenen Conductor der Glas-Elektrisirmaschine einen sehr langen isolirten zweiten Conductor nähert, so, daſs sich die natürliche Elektricität in ihm vertheilt, die positive Elektricität sich an dem einen, die negative sich an dem anderen Ende anhäuft, so hat dieser Conductor durch die Nähe des geladenen ersten Conductors *längere Zeit andauernde* Coërcitivkraft für die Elektricität; die an dem einen Ende gehäufte Elektricität wird jetzt als Fünkchen eine schlecht leitende Luftschicht durchschlagen können, wenn man ihm einen Leiter nähert, wenn gleich dieses Ende mit dem anderen, entgegengesetzte Elektricität enthaltenden Ende durch den Leiter selbst zusammenhängt u. s. w. Alles dieſs sind analoge Vorgänge, wie sie bei den Inductionsspiralen *momentan* auch statt haben; und es dürfte daher eine Vergleichung der Masson-Breguet'schen Erscheinung mit der zweier Leidener Flaschen in der

1) Möge es erlaubt seyn diesen Ausdruck hier einmal für den momentanen elektrischen Zustand in den Leitern zu gebrauchen.

angegebenen Weise wohl naturgemäfs seyn. Hierzu kommt noch, dafs die Funken und die brennende Empfindung der Drahtspiralenden und des Knopfs der Leidener Flasche die gröfste Aehnlichkeit mit einander haben; beide Funken haben eine röthliche Farbe, sind spitz, klein, ohne leuchtende Hülle und ohne Knall, sie durchschlagen nur eine höchst dünne Luftschicht, verursachen das bekannte höchst widerwärtige Stechen; auch wird diese Modification der Elektricität nicht so leicht und auf gröfsere Entfernung durch genäherte Leiter abgeleitet, wie die Elektricität des Conductors einer Glasmaschine, sie bedarf aber einer viel besseren Isolation, als die eigentlichen elektrischen Ströme in geschlossenen Drahtspiralen.

Was nun endlich die Natur der besprochenen Elektricität am Stahl- und Elektromagneten betrifft, welche sich durch Funken, elektrometrische und physiologische Wirkungen kund gab, so glaubte und hoffte ich anfangs hierin Aeufserungen der hypothetischen Ampère'schen elektrischen Ströme der Stahlmagnete erblicken zu dürfen. Denn wenn Magnetismus nur im Zustande der Bewegung elektrische Ströme erregt, so mufs man auch wohl annehmen, dafs ein Magnet selbst nur dann, wenn er oder der Magnetismus in ihm sich in kräftiger Bewegung befindet, elektrische Erscheinungen wird äufsern können. Diese supponirte Bedingung war aber bei meinen erwähnten Apparaten sehr vollständig erfüllt; denn da, um nur das eine anzuführen, das Blitzrad an dem elektromagnetischen Apparate 80 Zähne hatte, und mittelst einer Schnur, welche um die Welle gewunden war, sehr leicht sechs Mal in einer Secunde umgedreht werden konnte, so wurde dadurch also das Eisendrahtbündel in einer Secunde etwa 500 Mal zum Magneten, und hörte eben so oft auf ein Magnet zu seyn. Diese Erwartung wurde aber alsbald getäuscht, als ich anstatt des Eisendrahtbündels eine Rolle Messingblech in den von den Spiralen umgebenen Glascylinder steckte. Denn es zeigten sich jetzt an diesem Messingblech gleichfalls Funken, elektrometrische und physiologische Wirkungen ganz

so, wie früher an dem Eisendrahtbündel, nur natürlich etwas schwächer, weil kein Eisenkern vorhanden war. Die Magnete äufserten also nicht *als Magnete* elektrische Erscheinungen, sondern nur als elektrische Leiter überhaupt. — Wollte man einen besonderen Namen haben für die, aufserhalb der (geöffneten) Schliefsungskreise zweier Inductionsspiralen von einer zur andern stattfindende Bewegung der Elektricität, so dürfte sich hierfür vielleicht die Benennung Tangentialstrom eignen.

IV. *Untersuchung über die Wärmestrahlung; von den HH. F. de la Provostaye und P. Desains.*

(Schlufs der im Bd. 68, S. 271, abgebrochenen Abhandlung.)

Zweiter Theil.

Einflufs der Gröfse der Hüllen auf die Erkaltungsgesetze.

Da die Erkaltung eines nackten Thermometers in einem geschwärzten Ballon von 24 Centimeter Durchmesser unter jedem Druck über 6 bis 7 Millimeter nach den Gesetzen geschieht, die Dulong und Petit beim Experimentiren mit einem Ballon von 30 Centimeter gefunden haben, so war stark zu vermuthen, dafs man, bei Vergröfserung der Dimensionen des Ballons, immer zu denselben Resultaten gelangen würde. Wir wurden also veranlafst drei Hüllen von verschiedener Gröfse zu nehmen, nämlich: 1) den schon erwähnten Ballon, 2) einen Ballon von 15 Centim. Durchmesser, und 3) eine cylindrische Hülle von 6 Centimeter Durchmesser und 20 Centim. Höhe. Die Geräumigkeit der ersten war etwa die vierfache der zweiten, und die 13fache der dritten.

Zunächst mufste man sehen, ob die Erkaltung eines selben Thermometers dieselbe seyn würde in diesen verschiedenen Hüllen; ein einfacher Blick auf die Versuche lehrt

hierüber Folgendes. Bei Drucken unter etwa 20 Millimeter herrscht beinahe Identität zwischen den mit dem großen und dem mittleren Ballon erhaltenen Resultaten. Indeſs sind die bei dem letzteren beobachteten Geschwindigkeiten etwas geringer, und zwar bei jeglichem Zustand der Oberfläche des Thermometers.

So gebrauchte das nackte Thermometer unter dem Druck 0m,765 zum Sinken vom Strich 860 auf Strich 400:

im Ballon von 24 Centimet. 19′ 19″
im Ballon von 15 - - 19 30.

Unter dem Druck 0m,88 gebrauchte es zum Sinken vom Strich 640 auf Strich 460:

im groſsen Ballon 12′ 18″
im Ballon von 15 Centimet. 12 21.

Das vergoldete Thermometer gebrauchte unter dem Druck 0m,756 zum Sinken vom Strich 860 auf Strich 400:

im Ballon von 24 Centimet. 32′ 43″
im Ballon von 15 - - 33 4,

unter dem Druck 0m,216 zum Sinken vom Strich 750 auf Strich 450:

im Ballon von 24 Centimet. 32′ 4″
im Ballon von 15 - - 32 16,

unter dem Druck von 0m,088 zum Sinken vom Strich 830 auf Strich 550:

im Ballon von 24 Centimet. 26′ 47″
im Ballon von 15 - - 27 8,

unter dem Druck von 0m,024 zum Sinken vom Strich 840 auf Strich 470:

im Ballon von 24 Centimet. 62′ 30″
im Ballon von 15 - - 62 32.

Unter geringeren Drucken ist dagegen die Erkaltung im mittleren Ballon viel rascher als im groſsen.

Das vergoldete Thermometer erforderte unter dem Druck 0m,0099 zum Sinken vom Strich 830 auf Strich 540:

im Ballon von 24 Centimet. 49′ 34″
im Ballon von 15 - - 43 36,

un-

unter dem Druck $0^m,0062$ zum Sinken vom Strich 820 auf Strich 580:

im Ballon von 24 Centimet. 40′ 10″,5
im Ballon von 15 - - 33 56

endlich gebrauchte dasselbe Thermometer unter dem sehr schwachen Druck von $0^m,0025$ zum Durchsinken desselben Intervalls:

im Ballon von 15 Centimet. 35′ 46″.

Im Cylinder ist die Erkaltung, vom Druck $0^m,760$ bis zu dem von etwa $0^m,045$, langsamer als im grofsen Ballon. Bei schwächeren Drucken ist dagegen die Schnelligkeit bedeutend gröfser in der kleinen Hülle.

Durchlaufenes Intervall, in Strichen.	Druck.	Zeit.	
		Ballon v. 24 Ctm.	Cylindrische Hülle.
	Nacktes Thermometer.		
840 bis 400	$0^m,765$	19′ 1″	19′ 56″
730 - 420	0 ,215	18 34	20 49
730 - 400	0 ,006	29 48	26 22 ,8
	Versilbertes Thermometer mit versilbertem Stiel.		
700 bis 490	$0^m,762$	13′ 43″,	14′ 29″,5
790 - 400	0, 216	50 17 ,5	62 2
620 - 470	0 ,088	26 27	29 45
810 - 600	0 ,069	21 6	23 40 ,5
800 - 640	0 ,015	22 17 ,8	17 14 ,5
850 - 620	0 ,006	39 28	24 47
700 - 570	0 ,0028	29 47 ,5	23 32 ,5

Eine andere Thatsache hat uns sehr überrascht. Wir wufsten durch unsere Vorgänger, dafs im Allgemeinen eine geringe Variation im Druck hinreiche, um die Erkaltungszeit merklich zu ändern, und dafs die Wirkung der Luft sich verdopple, wenn man von 15 zu 70 Millimeter übergehe. Nun dauerte es nicht lange, um uns wahrnehmen zu lassen, dafs im Cylinder die Erkaltungszeiten strenge gleich blieben zwischen diesen beiden Punkten. Um diese Gleichheit aufser Zweifel zu setzen, nahmen wir unsere Hülfe zu dem oben beschriebenen Verfahren; wir beobachteten anfangs die vollständige Erkaltung des Thermometers

unter dem Druck 0m,070, und fingen dann den Versuch wieder unter demselben Druck an.

Wenn uns eine 10 bis 12 Minuten lang verbliebene Uebereinstimmung gezeigt hatte, dafs die strahlende Oberfläche keine Veränderung erlitten, so verringerten wir, ohne das Thermometer zu verrücken, die Elasticität des inneren Gases auf 0m,015. Der Gang der Erkaltung fand sich dadurch um nichts geändert; er blieb identisch derselbe, der er beim ersten Versuch gewesen war.

Diese Methode wurde bei den erwähnten Drucken und bei dazwischenliegenden oftmals angewandt, und immer mit demselben Erfolg.

Durchlaufenes Intervall in Strichen [1].	Drucke.	Zeiten.
Nacktes Thermometer.		
Von 780 bis 580	0m,024 0 ,0695	8′ 40″ 8 39
- 750 - 440	0 ,014 0 ,068	21 22 21 15
Versilbertes Thermometer mit versilbertem Stiel [2]).		
Von 640 bis 570	0m,0153 0 ,068	10′ 43″ (I) 10 40 (II)
- 790 - 600	0 ,0153 0 ,069	22 0 (III) 21 58 (IV)

Diese Tafeln gelten für das cylindrische Thermometer; bei dem kugelförmigen, dessen Volum geringer ist, liegen die Druckgränzen, zwischen denen das Erkaltungsvermögen der Luft unveränderlich ist, näher zusammen. Diese Beobachtungen haben uns veranlafst zu untersuchen, ob sich bei gröfseren Hüllen eine Thatsache gleicher Art zeigen

1) Die diesen Strichen hier und an anderen Stellen entsprechenden Temperaturen findet man im ersten Zusatz zu dieser Abhandlung angegeben.

2) Bei Fortsetzung des Versuchs I, von Strich 540 bis zum Strich 480 fand man für die verstrichene Zeit 13′ 54″. Nachdem im Versuch II der Druck auf 0m,015 verringert worden, beobachtete man die Erkaltungszeit zwischen denselben Gränzen, und fand sie gleich 13′ 55″. Auf dieselbe Weise versicherte man sich bei den Versuchen III und IV der Identität der Oberfläche des Thermometers.

würde, und wirklich haben wir beim Ballon von 24 Centimeter die Identität der Erkaltungszeit unter den Drucken 0m,006 und 0m,0028 bestätigt gefunden.

Wir haben gleichfalls erkannt, dafs in dem mittleren Ballon die Erkaltungszeiten zwischen etwa 20 und 4 Millimeter sehr nahe dieselben bleiben.

Durchlaufenes Intervall, in Strichen.	Zeiten unter den Drucken:				
	0m,024	0m,0097	0m,0063	0m,004	0m,0024
Von 800 bis 600	29′ 2″,5	30′ 38″,5	30′ 46″	30′ 57″	32′ 46″

Also von einem Drucke an, dessen Werth mit den relativen Dimensionen der Hülle und des Thermometers variirt, kann man, ohne etwas an den Erkaltungsgeschwindigkeiten zu ändern, die Luft eintreten lassen oder fortnehmen, in desto beträchtlicherer Menge als die Gröfse der Hülle geringer ist. Es ist also einleuchtend, dafs man bei jeder Operation, die unter Drucken in diesem gewissermafsen bedeutungslosen Intervall gemacht ist, vollkommen sicher gestellt ist gegen Fehler der Ablesung und selbst gegen Schwankungen des Drucks beim Versuch. Diese Bemerkung kann nicht ohne Wichtigkeit seyn.

Die vorstehenden Resultate werden anschaulich durch eine graphische Darstellung der Erkaltungsgeschwindigkeiten, die einem gleichen Temperaturüberschufs entsprechen und unter verschiedenen Drucken in dem gröfsten und dem kleinsten der von uns gebrauchten Hüllen beobachtet worden sind. Man sehe die Fig. 3, Taf. III, des Bandes 68.

Die Curven zeigen deutlich [1]), dafs, vom Drucke 0m,006

1) Jede dieser Curven wurde auf folgende Weise construirt. Auf die Axe OA trug man Längen proportional den Drucken. In dem, einem bestimmten Druck entsprechenden Punkt zog man, parallel der Axe OB, eine Ordinate proportional der Zahl, welche die unter diesem Druck bei der Temperatur 93°,88 beobachtete Gesammtgeschwindigkeit vorstellt. Die so bestimmten Punkte wurden durch einen continuirlichen Strich verbunden. Die Curve $\alpha\beta\gamma$ repräsentirt die im Ballon von 24 Centimetern gemachten Beobachtungen, die Curve $\alpha'\beta'\gamma'$ die in der cylindrischen Hülle angestellten.

an, die Geschwindigkeit in dem kleinen Cylinder mit ungemeiner Schnelligkeit abnimmt. Dessungeachtet übertrifft sie, bei $0^m,0028$, noch bedeutend die, welche man unter demselben Druck im großen Ballon beobachtet. Hängt diese Verschiedenheit alleinig ab von den starken Modificationen, welche die erkaltende Wirkung der Luft in den kleinen Hüllen erleidet, oder wird die Strahlung selbst verändert? Um diese Frage zu beantworten, müßte man in den gesammten Geschwindigkeiten die beiden verschiedenen Effecte, von denen sie die Summen sind, wieder finden. Ist nun schon das Problem nicht ohne Schwierigkeit, wenn die Curve, welche die Wirkungen der Luft unter verschiedenen Drucken darstellt, in fast ihrer ganzen Erstreckung einen vollkommen regelmäßigen Gang besitzt, so begreift man, daß es fast unlöslich werden muß, wenn diese Curve eine bedeutende Einbiegung darbietet und ihre Richtung sich sehr rasch ändert in dem Theil ihres Laufs, wo es unmöglich ist, die Ordinaten direct zu bestimmen. Wir glauben jedoch, daß man auf eine sichere Weise zu zuverlässigen Resultaten und auf eine sehr wahrscheinliche zu einigen anderen gelangen kann.

Zuvörderst ist leicht nachzuweisen, daß die geringe Ungleichheit in den erkaltenden Wirkungen der Luft auf Glas und auf Metalle verbleibt, und vielleicht gar sich vergrößert, wenn die Dimensionen der Hülle abnehmen. Wenn man, wie schon erläutert worden, die Erkaltung eines versilberten Thermometers in dem kleinen Cylinder unter verschiedenen Drucken beobachtet, und die eine der irgend zweien dieser Drucke und einer selben Temperatur entsprechenden Geschwindigkeiten von der anderen abzieht, so bekommt man wenigstens einen größeren Rest, als wenn das Thermometer seine gläserne Oberfläche behalten hätte; und überdieß ist der Ueberschuß des ersten dieser Reste über den zweiten insgemein etwas größer als der, welchen man erhält, wenn man die im Ballon von 24 Centimeter gemachten Versuche auf dieselbe Weise combinirt.

Unterschiede der Erkaltungsgeschwindigkeiten des versilberten Thermometers mit versilbertem Stiel unter den Drucken $0^m,765$ und $0^m,006$.

Temperaturüberschüsse.				
121°,884	107°,184	93°,90	82°,16	60°,4
Unterschiede der beobachteten Geschwindigkeiten.				
0°,0728	0°,0614	0°,0524	0°,0442	0°,0294

Unterschiede der Erkaltungsgeschwindigkeiten des nackten Thermometers unter den Drucken $0^m,765$ und $0^m,006$.

Temperaturüberschüsse.				
121°,884	107°,184	93°,90	82°,16	60°,4
Unterschiede der beobachteten Geschwindigkeiten.				
0°,0691	0°,0589	0°,0509	0°,0434	0°,0279

Das Gesetz, welches die Erkaltungsfähigkeiten der Luft mit den Temperaturüberschüssen und den Drucken verknüpft, wird bei einem selben Thermometer verwickelt und geändert, sobald die Dimensionen der Hülle abnehmen. So lange diese letzteren nicht bedeutend verkleinert worden sind, ist die Abänderung des Gesetzes nur bei den unter ziemlich starken Drucken angestellten Versuchen merklich; sie geht aber nach und nach auf die ganze Reihe über, sobald die Hülle kleiner wird.

So fand sich, wie schon gesagt, der Gang der Erkaltung des einen der von uns gebrauchten Thermometer fast gleich bei dem Ballon von 24 Centim. und dem von 15 Centim. Durchmesser, so lange der Druck über $0^m,20$ war; unterhalb dieser Gränze aber konnte der Unterschied der Gesammt-Geschwindigkeiten, die bei gleicher Temperatur und unter ungleichen Drucken im letzteren Ballon beobachtet wurden, auf keine Weise mehr durch die Dulong-Petit'sche Formel dargestellt werden.

Was die Versuche mit der kleinen cylindrischen Hülle betrifft, so haben sie uns beständig Erkaltungszeiten gegeben, die von den mit dem Ballon von $0^m,24$ beobachteten sehr abwichen. Es war dadurch sogar sehr wahrscheinlich

dafs die erkaltende Wirkung der Luft bei diesen Versuchen nicht mehr durch die Formel

$$n\, p^{0,45}\, t^{1,233}$$

vorgestellt würde. Ein directer Calcul hat uns in dieser Meinung bestärkt. Er hat uns sogar gezeigt, dafs man sich vergebens bemühen würde, diese Formel durch Vertauschung der Zahlen 0,45 und 1,233 gegen zwei andere Constante anwendbar zu machen. Denn, wenn man nach oben gegebener Weise diese Constanten direct bestimmt, findet man für den Exponenten des Drucks Quotienten, die mit der Temperatur variiren, und für den Exponenten der Temperatur Quotienten, die mit dem Druck veränderlich sind.

Da diese Variationen regelmäfsig sind, und sich so gut beim versilberten wie beim nackten Thermometer einstellen, so kann man sie nicht als zufällig betrachten. Die Function, welche für kleine Hüllen die Wirkung der Luft vorstellt, scheint also sehr verwickelter Natur zu seyn. Nach vielen unnützen Proben zur directen Bestimmung derselben haben wir diesen Weg verlassen und einen anderen eingeschlagen, der vielleicht weniger natürlich und weniger einwurfsfrei, dennoch aber, wie wir hoffen, eben so erlaubt ist. Wir haben zuvörderst untersucht, ob die Erkaltungsgeschwindigkeit im Vacuo unabhängig sey von der Gröfse der Hülle.

Um das Folgende ganz verständlich zu machen, wollen wir annehmen, dafs in zwei Hüllen von verschiedener Gröfse die Wirkung der Luft unabhängig sey von der Oberfläche des erkaltenden Körpers. Einleuchtend ist, dafs wenn man, die in einer von ihnen unter demselben Druck angestellten Versuche vergleichend, die Geschwindigkeiten des versilberten Thermometers von denen des nackten Thermometers, die denselben Temperaturüberschüssen entsprechen, abzieht, die Wirkung der Luft in den Unterschieden verschwinden wird; dafs diefs auch der Fall seyn wird, wenn man mit den in der anderen Hülle beobachteten Geschwindigkeiten eben so verfährt; und dafs endlich, wenn sich die Strahlung von einer Hülle zur anderen nicht ändert, die

entsprechenden Reste in beiden Reihen einander gleich seyn werden. Umgekehrt ist es zwar nicht gewifs, aber sehr wahrscheinlich, dafs wenn diese Unterschiede gleich sind, die Strahlungen keine Veränderung in ihrer absoluten Gröfse erlitten haben.

Die Ungleichheit der erkaltenden Wirkung der Luft auf die verschiedenen Oberflächen schwächt diese Schlüsse in nichts, sobald die Wirkung entweder streng oder sehr nahe gleich bleibt in Hüllen von verschiedener Gröfse. Nur werden, da die Wirkung der Luft in beiden Fällen nicht strenge verschwindet, die Unterschiede der Strahlungen ein wenig geändert seyn, und man wird, bei Herleitung derselben aus Versuchen unter verschiedenen Drucken, nicht genau denselben Werth finden.

Folgende Tafel scheint also festzustellen, dafs die Erkaltungsgeschwindigkeit im Vacuo für einen gleichen Temperaturüberschufs, wenigstens sehr annähernd, gleich ist im kleinen Cylinder und im Ballon von 24 Centimet. Durchmesser.

Geschwindigkeitsunterschiede eines selben Thermometers, nackt und versilbert, unter demselben Druck 0m,765 und bei derselben Temperatur.

	Temperaturüberschüsse.			
	121°,884	107°,184	93°,9	60°,4
	Unterschiede der beobachteten Geschwindigkeiten.			
Ballon von 24 Centimet.	0°,0957	0°,0807	0°,0675	0°,0367
Cylindrische Hülle	0 ,0951	0 ,0783	0 ,0649	0 ,0350

Geschwindigkeitsunterschiede eines selben Thermometers, nackt und versilbert, unter demselben Druck 0m,006 und bei derselben Temperatur.

	Temperaturüberschüsse.			
	121°,884	107°,184	93°,9	60°,04
	Unterschiede der beobachteten Geschwindigkeiten.			
Ballon von 24 Centimet.	0°,1012	0°,08297	0°,06828	0°,0376
Cylindrische Hülle	0 ,0984	0 ,08075	0 ,06683	0 ,0364

Den constanten Unterschied, den man hier in den beiden Reihen wahrnimmt, erklären wir uns durch die Annahme, daſs der Oberflächenzustand der beiden Hüllen nicht strenge gleich war. Diese Hypothese ist keineswegs willkührlich, denn wir haben eine andere Reihe Beobachtungen angestellt, bei welcher der Unterschied drei Mal stärker war. Die neuen Resultate wurden mit dem frisch geschwärzten Cylinder erhalten; und weil man hiedurch drei Viertel des Unterschiedes verschwinden machen konnte, so scheint uns, daſs man berechtigt ist anzunehmen, er würde völlig verschwinden, wenn man den Oberflächenzustand ganz identisch machen könnte, was übrigens vom physikalischen Gesichtspunkt aus sehr schwierig ist.

Im dritten Theile dieser Abhandlung, der vom Einfluſs des Oberflächenzustandes der Hülle auf die Erkaltung handelt, werden wir überdieſs sehen, daſs eine Veränderung in diesem Zustand keinen anderen Effect hat als die Strahlung des nackten Thermometers zu ändern, daſs die des versilberten Thermometers unverändert bleibt. Dadurch sind wir veranlaſst worden, die Gesammt-Geschwindigkeiten des versilberten Thermometers in dem Cylinder zu betrachten als die Summe zweier Geschwindigkeiten, deren eine genau gegeben ist durch die Strahlung, wie man sie in dem groſsen Ballon beobachtet, die andere aber von der Wirkung der Luft abhängt, sich nun isoliren läſst, und ihrem Gesetze nach zu bestimmen ist.

Wenn man nun sucht, wie bei einem selben Versuch das Erkaltungsvermögen der Luft sich mit dem Temperatur-Ueberschuſs verändere, so findet man, daſs es proportional ist einer gewissen Potenz dieses Ueberschusses, welche man ohne Zweideutigkeit bestimmen kann. Zu ähnlichen Resultaten gelangt man, wenn man mit den unter einem anderen Drucke beobachteten Geschwindigkeiten eben so verfährt; allein in diesem Fall findet man, mit nicht geringerer Gewiſsheit, einen neuen Werth für den Exponenten. So kann die Erkaltungsgeschwindigkeit im kleinen Cylinder vorgestellt werden durch einen Ausdruck von der Form:

$$m a^{\vartheta} (a^{t} - 1) + k t^{\alpha}.$$

Der Werth von α variirt mit dem Druck, der von k hängt auch davon ab; beide müssen für jeden Versuch bestimmt werden (siehe die nächstfolgende Tafel). Offenbar kann der Coëfficient k in zwei andere zerlegt werden, und nichts hindert $k=np^x$ zu setzen, d. h. anzunehmen, der Effect der Luft sey proportional einer gewissen Potenz des Drucks. Nur wird der Werth von x nicht constant seyn für alle Versuche. Die Rechnung zeigt nämlich, daſs überall, wo der Effect der Luft mit dem Druck variirt, der Exponent des Drucks mit dem der Temperatur zu- und abnimmt, und daſs beide zu gleicher Zeit denselben Werth annehmen.

Drucke	Exponent des Temperatur-überschusses.	Exponent des Drucks.
0m,763	1°,25	0m,626
0 ,433	1 ,27	0 ,695
0 ,215	1 ,25	0 ,625
0 ,015	1 ,075	0 ,129
0 ,006	1 ,11	0 ,149
0 ,0028	1 ,15	0 ,225

Man erhält die Werthe von k, die einem jeden Druck entsprechen, wenn man $Log\, n=0{,}4727-4$ setzt, und für p und x die entsprechenden Werthe aus der ersten und dritten Spalte dieser Tafel nimmt

Die beiden folgenden Tafeln enthalten die im Cylinder mit dem versilberten und dem nackten Thermometer gemachten Beobachtungen. In der ersten wurden die berechneten Geschwindigkeiten bestimmt, indem man für die Strahlung im Vacuo die im groſsen Ballon beobachteten Geschwindigkeiten desselben versilberten Thermometers annahm und mit den obigen Exponenten $log\, n=0{,}4727-4$ setzte. In der zweiten hat man diesen Werth von n um etwa $\frac{1}{23}$ verringert und $log\, m=0{,}825000-2$ genommen.

Erkaltungsgeschwindigkeiten des versilberten cylindrischen Thermometers mit versilbertem Stiel, beobachtet in der cylindrischen geschwärzten Hülle, bei 14°,7 C., berichtigt für den Rücktritt des kalten Quecksilbers, aber nicht für Veränderung der Masse und Wärmecapacität des Quecksilbers.

	Temperaturüberschüsse.								
	121°,884	107°,184	93°,9	82°,16	60°,4	51°,782	44°,565	37°,345	30°,112
Drucke.	Beobachtete Geschwindigkeiten.								
0m,763	0°,11761	0°,10000	0°,08569	0°,07249	0°,04970	0°,04070	0°,03375	0°,02746	0°,02104
0 ,433	0 ,09000	0 ,07660	0 ,0654	0 ,05553	0 ,03771	0 ,03094			
0 ,215	0 ,06182	0 ,05260	0 ,04519	0 ,03626	0 ,02629	0 ,02181	0 ,01805	0 ,01488	0°,01149
0 ,015	0 ,04687	0 ,04009	0 ,03478		0 ,02133	0 ,01802			
0 ,006	0 ,04479	0 ,03859	0 ,03333	0 ,02876	0 ,02065				
0 ,0028	0 ,03599	0 ,03076	0 ,02644	0 ,02292	0 ,01628				

Dieselben Geschwindigkeiten berechnet nach der Formel $m\,a^{\vartheta}(a^{t}-1)+k\,t^{\omega}$. Werthe von α und k für verschiedene Drucke:

Druck:	0m,763	0m,433	0m,215	0m,015	0m,006	0m,0028
α	1,25	1,27	1,25	1,075	1,11	1,15
$\log k$	$\bar{4}$,399160	$\bar{4}$,22000	$\bar{4}$,0548	$\bar{4}$,2379	$\bar{4}$,1416149	$\bar{5}$,89800

Temperaturüberschüsse.

121°,884 | 107°,184 | 93°,9 | 82°,16 | 60°,4 | 51°,782 | 44°,565 | 37°,345 | 30°,112

Drucke.	Berechnete Geschwindigkeiten.								
0^m,763	0°,11767	0°,10008	0°,08529	0°,07234	0°,04946	0°,04081	0°,03388	0°,02748	0°,02116
0 ,433	0 ,09013	0 ,07647	0 ,06511	0 ,05518	0 ,03756	0 ,03093			
0 ,215	0 ,06208	0 ,05274	0 ,04513	0 ,03840	0 ,02631	0 ,02174	0 ,01812	0 ,01481	0°,011487
0 ,015	0 ,04636	0 ,06994	0 ,03478		0 ,02140	0 ,01803			
0 ,006	0 ,04478	0 ,03846	0 ,03339	0 ,02883	0 ,02034				
0 ,0028	0 ,03595	0 ,03071	0 ,02662	0 ,02287	0 ,01603				

Erkaltungsgeschwindigkeiten des nackten cylindrischen Thermometers in der geschwärzten cylindrischen Hülle, berichtigt für den Rücktritt des kalten Quecksilbers, aber nicht für die Aenderung der Masse und Wärmecapacität des Quecksilbers.

	Temperaturüberschüsse.								
	121°,884	107°,184	93°,9	82°,16	60°,4	51°,782	44°,565	37°,345	30°,112
Drucke.	Beobachtete Geschwindigkeiten.								
0^m,765	0°,21275	0°,17828	0°,15057	0°,12664	0°,08471	0°,07003	0°,05761	0°,04703	0°,03597
0 ,006	0 ,1436	0 ,11934	0 ,09966	0 ,08318	0 ,05675	0 ,04726	0 ,038798	0 ,03255	0 ,025298

Dieselben Geschwindigkeiten berechnet nach der Formel $m a^{\vartheta}(a^t - 1) + k t^{\alpha}$.

Unter dem Druck 0^m,765 genommen $\alpha = 1{,}25$, $\log k = \bar{4}{,}38147$

" " " 0 ,006 " " $\alpha = 1{,}11$, $\log k = \bar{4}{,}1416145$,

Dabei immer $\log m = \bar{2}{,}825$.

Drucke	Temperaturüberschüsse.								
	121°,884	107°,184	93°,9	82°,16	60°,4	51°,782	44°,565	37°,345	30°,112
	Berechnete Geschwindigkeiten.								
0m,765	0°,2132	0°,1784	0°,1494	0°,1254	0°,08473	0°,069916	0°,05620	0°,04703	0°,03641
0 06	0 ,1432	0 ,11925	0 ,09961	0 ,08361	0 ,05677	0 ,04711	0 ,0394	0 ,03221	0 ,02526

Versuche, unter schwachen Drucken in der sphärischen Hülle von 15 Centim. angestellt, haben uns gleichfalls erkennen lassen, dafs die Exponenten der Formel, welche die Wirkung der Luft ausdrückt, veränderlich sind. Weiterhin in dieser Abhandlung, S. 197, werden wir eine Tafel geben, welche zeigt, dafs man, um die in dieser Hülle unter dem Druck 0m,003 beobachteten Geschwindigkeiten des nackten Thermometers auszudrücken, den Exponenten 0,33, statt des 0,45, annehmen müsse.

Sucht man eben so die in diesem Ballon unter den Drucken 0m,0098 und 0m,003 beobachteten Erkaltungsgeschwindigkeiten, welche in der Tafel am Ende des ersten Theils dieser Abhandlung (S. 270 des Bandes LXVIII) gegeben sind, durch den Calcul zu repräsentiren, so ergiebt sich, dafs man, um die Wirkung der Luft auszudrücken, nehmen mufs, im ersten Fall:

$$v = n p^{0,20} t^{1,12}$$

und im zweiten Fall:

$$v = n p^{0,34} t^{1,[illegible]}.$$

Somit erhält man, überdiefs:

$$log\ m = 0,8859526 - 2 \quad , \quad log\ n = 0,5647500 - 4$$

beibehaltend, die folgende Resultate:

Drucke.	Temperaturüberschüsse. 107°,64	99°,289	83°,91	44°,1	32°,0
	Berechnete Geschwindigkeiten.				
0m,0098	0°,1205	0°,10765	0°,08579	0°,038786	
0 ,003		0 ,10592	0 ,08412	0 ,03756	0°,02587

Dieselben Geschwindigkeiten beobachtet.

Drucke.	Temperaturüberschüsse. 107°,64	99°,289	83°,91	44°,1	32°,0
	Beobachtete Geschwindigkeiten.				
0m,0098	0°,1210	0°,10724	0°,08596	0°,3864	
0 ,003		0 ,10593	0 ,08398	0 ,3754	0°,02607

Aus dem Vorhergehenden läfst sich also folgern, dafs die erkaltende Wirkung der Luft in irgend einer Hülle bei jedem Versuche proportional geht einer gewissen Potenz des Drucks und des Temperaturüberschusses, dafs aber in kleinen Hüllen die Exponenten des Drucks und der Temperatur mit dem Druck variiren, während, wenn die Dimensionen der Hülle sehr beträchtlich werden gegen die des Thermometers, die beiden Exponenten sich den festen Gränzen 0,45 und 1,233 nähern.

Dritter Theil.

Einflufs des Oberflächenzustandes der Hülle.

Um die Modificationen zu studiren, welche eine Veränderung des Ausstrahlungsvermögens der Hüllen in der Erkaltung herbeiführen kann, mufs man diese Hüllen so einrichten, dafs man eine Schicht von jeglicher Substanz auf ihre Innenfläche anbringen kann. Zu diesem Zweck haben wir sie, wie schon erwähnt, aus zwei Stücken mit Zinn zusammenlöthen lassen, die man folglich nach Belieben trennen und vereinigen kann. Diese Verbindungsweise durch Löthung erfordert zwar eine etwas lange Manipulation; allein dafür sichert sie auch absolut gegen Verlüste, und deshalb haben wir sie angewandt. Die Oberflächen sind überdiefs nicht sehr oft erneut worden. Da Blattsilber und Kien-

rufs sehr ungleiche Ausstrahlungs- und Reflexionsvermögen besitzen, so haben wir geglaubt, dafs sie vor allen anderen Substanzen den Vorzug verdienten. Diese Wahl war indefs, wie man weiterhin sehen wird, nicht ausschliefsend.

Wir wollen nun, ohne uns bei überflüssigen Einzelheiten aufzuhalten, das Gesammte der aus unseren Versuchen und Rechnungen abgeleiteten Resultate auseinandersetzen.

Eine Abänderung im Oberflächenzustand der Hülle ändert nicht das Gesetz, nach welchem das Erkaltungsvermögen eines Gases im Allgemeinen mit dem Druck und dem Temperaturüberschufs des Thermometers variirt. Ueberdiefs zeigt sich diefs Vermögen zwischen $0^m,0028$ und $0^m,006$ im grofsen Ballon, und zwischen $0^m,015$ und $0^m,070$ im Cylinder als unabhängig vom Druck. Nur haben wir bei diesen Hüllen nicht mehr gefunden, dafs die Wirkung der Luft auf das Silber beständig gröfser wäre als auf das Glas.

Wie es sich auch mit diesem geringen Unterschied verhalten möge, so sieht man doch, dafs das Gesetz der Erkaltung durch die Luft unabhängig ist vom Ausstrahlungsvermögen der Hülle. Ist es bei der eigentlichen Strahlung eben so? Diefs müssen wir zunächst untersuchen.

Wenn ein Körper erkaltet, ist der Verlust, den er erleidet, der Unterschied zwischen der von ihm ausgesandten und in derselben Zeit absorbirten Wärme. Besitzt die Hülle ein nullgleiches Reflexionsvermögen, so entspringt die absorbirte Wärme lediglich aus der Strahlung der Wände. Dem ist nicht mehr so, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist. Die theils ausgesandte, theils reflectirte und dann zum Thermometer zurückkehrende Wärme würde dann nicht mehr gleich seyn der, welche es im Falle des Gleichgewichts erhielte. Offenbar ist sie hier gröfser. Dasselbe kann man von der absorbirten Wärme sagen; und folglich scheint eine Abnahme der Erkaltungsgeschwindigkeit nothwendig einen Anwuchs des Reflexionsvermögens der Hülle begleiten zu müssen.

Die Erfahrung bestätigt diese Inductionen für ein nack-

tes Thermometer. Die Verlüste durch Strahlung reduciren sich fast auf die Hälfte; deſsungeachtet bleibt die Form des Gesetzes immer bestehen.

Die erste der beiden folgenden Tafeln enthält die Erkaltungsgeschwindigkeiten des nackten cylindrischen Thermometers, beobachtet in der versilberten Hülle bei 14°,7.

Die zweite giebt die berechneten Geschwindigkeiten, angenommen dabei 0,45 als Exponenten des Drucks und 1,233 als den der Temperatur, und:

$$\log n = \bar{4},5090000 \quad , \quad \log m = \bar{2},5330000.$$

Zieht man diesen *log m* von dem ab, der zur Berechnung der Erkaltungsgeschwindigkeiten im geschwärzten Ballon diente, so findet man einen Rest, der nicht merklich vom *Log.* 2 abweicht.

Erkaltungsgeschwindigkeiten des nackten cylindrischen Thermometers, in der versilberten Hülle von 24 Centim., bei 19°,7 C.

Drucke.	Temperaturüberschüsse.						
	116°,757	102°,075	88°,88	77°,163	65°,527	55°,411	46°,739
	Beobachtete Geschwindigkeiten.						
0m,313	0°,1272	0°,1046	0°,08719	0°,07259	0°,05923	0°,04818	0°,03926
0 ,088	0 ,09517	0 ,0797	0 ,06589	0 ,05525	0 ,04481	0 ,03651	
0 ,0215	0 ,07779	0 ,0642	0 ,05368	0 ,04469	0 ,03583	0 ,02932	0 ,023847

Dieselben Geschwindigkeiten berechnet nach der Formel $ma^{\vartheta}(a^t - 1) + np^{0,45}t^{1,233}$ mit $\log m = \bar{2},53300$ und $\log n = \bar{4},509$.

Drucke.	Temperaturüberschüsse.						
	116°,757	102°,075	88°,88	77°,163	65°,527	55°,411	46°,739
	Berechnete Geschwindigkeiten.						
0m,313	0°,1251	0°,1044	0°,0869	0°,07262	0°,0591	0°,0480	0°,0390
0 ,088	0 ,09571	0 ,0795	0 ,0659	0 ,05498	0 ,0447	0 ,0363	
0 ,0215	0 ,07781	0 ,0644	0 ,0531	0 ,0442	0 ,0359	0 ,0291	0 ,0239

Die Beobachtung der Erkaltung des geschwärzten Thermometers führt zu denselben Resultaten; nur sieht man den Werth von *m* ein wenig mit der Temperatur schwanken. Auch bemerkt man, daſs in einer versilberten Hülle die Strahlungen des Glases und des Kienruſses fast identisch werden.

Erkaltungsgeschwindigkeiten des cylindrischen, auf dem Glase mit Kienrufs bekleideten Thermometers, beobachtet im versilberten großen Ballon bei 19°,7. Die Geschwindigkeiten berichtigt für den Rücktritt des Quecksilbers.

Drucke.	Temperaturüberschüsse.						
	116°,757	102°,075	88°,88	77°,163	65°,527	55°,411	46°,739
	Beobachtete Geschwindigkeiten.						
0m,313	0°,1252	1°,0050	0°,08716	0°,07348	0°,05906	0°,04858	0°,03949
0 ,088	0 ,09577	0 ,07999	0 ,06681	0 ,05605	0 ,04528	0 ,03709	0 ,03019
0 ,0205	0 ,07713	0 ,06403	0 ,05379	0 ,04451			

Dieselben Geschwindigkeiten berechnet nach

$$m a^{\vartheta}(a^{t} - 1) + n p^{0,45} t^{1,233}$$

Drucke.	Temperaturüberschüsse.						
	116°,757	102°,075	88°,88	77°,163	65°,527	55°,411	46°,739
	Man nimmt $log\ n = \bar{4},50360$ und $log\ m =$						
	$\bar{2},53613$	$\bar{2},53869$	$\bar{2},54252$	$\bar{2},54766$	$\bar{2},54242$	$\bar{2},55163$	$\bar{2},55196$
	Berechnete Geschwindigkeiten.						
0m,313	0°,1248	0°,1044	0°,08744	0°,0738	0°,05931	0°,04863	0°,03955
0 ,088	0 ,09571	0 ,07973	0 ,06665	0 ,05583	0 ,04503	0 ,03702	0 ,03013
0 ,0205	0 ,07753	0 ,06433	0 ,05366	0 ,04492			

Wenn dagegen das Thermometer mit Blattmetall bekleidet ist, scheint es durchaus unempfindlich gegen eine Veränderung des Oberflächenzustandes der Hülle zu seyn.

Folgende Tafeln enthalten den Vergleich der Erkaltungszeiten eines versilberten Thermometers in einer versilberten, geschwärzten und kupfernen Hülle.

Cylindrisches Thermometer versilbert.

Durchlaufenes Intervall, in Strichen.	Druck.	Großer Ballon geschwärzt.	Großer Ballon versilbert.
Von 850 bis 660	0m,006	30′ 32″	30′ 30″
- 620 - 560	0 ,006	16 8	16 2
- 800 - 640	0 ,088	14 10	14 6 ,5
- 600 - 400	0 ,088	49 18	49 18
- 770 - 560	0 ,216	16 47	16 45

Kugelförmiges Thermometer versilbert.

Durchlaufenes Intervall, in Strichen.	Druck.	Großser Ballon	
		geschwärzt.	versilbert.
Von 910 bis 510	0m,076	55′ 45″	55′ 44″
- 720 - 680	0 ,314	3 3 ,7	3 3 ,5

Cylindrisches Thermometer versilbert.

Durchlaufenes Intervall, in Strichen.	Druck.	Cylindrische Hülle	
		geschwärzt.	versilbert.
Von 820 bis 450	0m,764	24′ 6″	24′ 12″
- 790 - 650	0 ,433	7 42	7 41 ,5
- 630 - 530	0 ,0028	22 15	22 26

Kugelförmiges Thermometer versilbert.

Durchlaufenes Intervall, in Strichen.	Druck.	Cylindrische Hülle	
		geschwärzt.	natürl. Kupferfl.
Von 840 bis 650	0m,005	19′ 52″	19′ 44″
- 600 - 540	0 ,015	10 37	10 36

Die Strahlung eines mit Blattmetall bekleideten Thermometers ist also, wenigstens in einer großsen Zahl von Fällen, unabhängig vom Ausstrahlungsvermögen der Hülle, in welcher es erkaltet. Dagegen haben die geringsten Aenderungen dieses Vermögens einen sehr bedeutenden Einflufs auf die Erkaltung einer Glasfläche. Oftmals haben wir im Laufe unserer Versuche Gelegenheit gehabt uns davon zu überzeugen; auch glauben wir, dafs, um die Erkaltungen nackter Thermometer in geschwärzten Hüllen unter sich vergleichbar zu machen, grofse Sorgfalt darauf verwandt werden müsse, ihre Oberfläche in einen identischen und constanten Zustand zu versetzen.

Ohne Zweifel kann man dieses, sobald man mit einem selben Thermometer in Hüllen von gleicher Geräumigkeit arbeitet; allein wir sehen nicht ein, wie man sich bei verschiedenen Apparaten versichern könne, dafs man die Oberflächen in genau gleichem Zustande habe.

Man wird dadurch verleitet, zu fragen, ob verschiedene Beobachter, welche das Verhältnifs der Ausstrahlungsver-

mögen zweier Substanzen durch die Erkaltungsmethode suchen, immer dasselbe Resultat finden werden. Ueberdiefs giebt es über die Anwendung dieser Methode noch einige andere Bemerkungen zu machen. Es setzt voraus, das Verhältnifs der Ausstrahlungsvermögen sey das der Werthe von m, gefunden bei einem selben Thermometer, das successiv mit den zu untersuchenden Substanzen bekleidet worden. Das ist nun wohl ohne Zweifel richtig, sobald das Reflexionsvermögen der Hülle absolut Null ist; allein das Vorhergehende zeigt, dafs diese Annahme unzulässig ist, sobald es einen von Null verschiedenen Werth hat. Zweitens haben wir gezeigt, dafs jede Veränderung an dem Theil, welchen der Stiel an der Erkaltung nimmt, sich äufsert durch eine entsprechende Veränderung im Werthe von m. Wie soll man nun aber diesen Einflufs des Stiels in Rechnung nehmen? Endlich gehört die Bestimmung von m für ein gegebenes Thermometer nicht zu denen, die eine unbegränzte Genauigkeit verstatten; und es ist leicht sich zu überzeugen, dafs wenn man, um eine Reihe Versuche auszudrükken, zur Annahme gewisser Werthe von m und n geführt worden ist, man entsprechende geringe Aenderungen an ihnen anbringen kann, ohne dafs die gesammten Geschwindigkeiten aufhören durch die Formel

$$V = m\, a^{\vartheta}\, (a^{t} - 1) + n\, p^{0,45}\, t^{1,233}$$

genügend vorgestellt zu werden.

In den beiden folgenden Tafeln haben wir die Erkaltungsgeschwindigkeiten des nackten Thermometers reproducirt, angenommen dabei

in der einen [1])

$$log\, n = \bar{4},4758868 \text{ und } log\, m = \bar{2},8367420$$

und in der anderen

$$log\, n = \bar{4},4950793 \text{ und } log\, m = \bar{2},828000.$$

1) Man wird bemerken, dafs die in der dritten Tafel angegebenen Geschwindigkeiten unter Berücksichtigung des Rücktritts des Quecksilbers und der Aenderung seiner Masse bestimmt worden sind. Aufser dem Zweck, für welchen diese Tafeln construirt worden, können sie auch dazu dienen, eine schon aufgestellte Thatsache zu erweisen: „dafs die Form des Gesetzes, welches die Geschwindigkeiten mit einander verknüpft, unabhängig ist von den Berichtigungen, welche man an ihnen anbringt.

Erkaltungs-Geschwindigkeiten des nackten cylindrischen Thermometers, berechnet nach der Formel:

$$m a^{\vartheta} (a^t - 1) + n p^{0,45} t^{1,233}$$

mit $log\, n = \overline{4},4758868$ und $log\, m = \overline{2},836742$.

Drucke.	Temperaturüberschüsse. 90°,9	73°,451	50°,067	40°,185
	Berechnete Geschwindigkeiten.			
0m,2145	0°,11649	0°,08807	0°,06274	0°,04197
0 ,088	0 ,10358	0 ,07815	0 ,05563	0 ,03725
0 ,0237	0 ,09198	0 ,06921	0 ,04924	0 ,03301

Dieselben Geschwindigkeiten berechnet mit
$log\, n = \overline{4},495001$ $log\, m = \overline{2},8280000$.

Drucke.	Temperaturüberschüsse. 90°,9	73°,451	50°,067	40°,185
	Berechnete Geschwindigkeiten.			
0m,2145	0°,1166	0°,08829	0°,06291	0°,04207
0 ,088	0 ,10326	0 ,07793	0 ,05548	0 ,03715
0 ,0237	0 ,09114	0 ,06860	0 ,04879	0 ,03271

Beobachtete Geschwindigkeiten, berichtigt für den Rücktritt des Quecksilbers und die Massenänderung.

Drucke.	Temperaturüberschüsse. 90°,9	73°,451	56°,067	40°,185
	Beobachtete Geschwindigkeiten.			
0m,2145	0°,11669	0°,08793	0°,06309	0°,04197
0 ,088	0 ,1036	0 ,07798	0 ,05569	0 ,03715
0 ,0237	0 ,09157	0 ,06866	0 ,04892	0 ,03273

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Gesammt-Geschwindigkeiten ist demnach kein absoluter Beweis, dafs ein Werth von *m*, den man unter all den sich natürlich darbietenden gewählt hat, das wahre Maafs der Strahlung gebe.

Ueberdiefs giebt es eine andere Thatsache, die bis jetzt noch nicht scheint bemerkt worden zu seyn, und die doch bei allen Bestimmungen der Ausstrahlungsvermögen in Betracht gezogen werden mufs. Wenn man ein Thermometer, nachdem es versilbert worden, mit Kienrufs bekleidet,

so erkaltet es im Vacuo mit einer beträchtlich geringeren Geschwindigkeit, als wenn die Kienrufsschicht unmittelbar auf dem Glase angebracht worden wäre. Bei den Versuchen, durch welche wir diese Ungleichheit nachgewiesen haben, gaben wir der Kienrufsschicht sorgfältig eine solche Dicke, dafs eine geringe Verstärkung derselben die Erkaltungsgeschwindigkeit nicht mehr abänderte.

In der nächsten Tafel geben wir die Zeiten, welche das cylindrische, erst auf Glas, dann auf Silber geschwärzte Thermometer gebrauchte, um unter den Drucken $0^m,0053$, $0^m,088$, $0^m,214$ vom Strich 730 auf Strich 400 zu sinken.

	$0^m,0053$	$0^m,088$	$0^m,214$
Geschwärzt auf Glas	28′ 8″	22′ 47″	20′ 25″
- - - Silber	32 16	23 28	20 58

Folgende Tafel giebt eben so die Zeiten, welche das sphärische Thermometer gebrauchte, um unter den Drucken $0^m,076$ und $0^m,015$, vom Strich 1000 auf Strich 500 zu sinken, wenn es successiv auf Glas und auf Silber geschwärzt worden.

	$0^m,015$	$0^m,076$
Geschwärzt auf Glas	43′ 1″	34′ 37″
- - - Silber	44 26	35 31″

Die Thatsache, welche aus diesen beiden Tafeln hervorgeht, wurde durch directe Beobachtungen mit dem Mellonischen Apparat bestätigt. Die Wärmequelle war ein mit Quecksilber gefüllter Glasballon, der über einer Weingeistlampe erhitzt worden. Ein Theil dieses Ballons war versilbert, und darauf die ganze Oberfläche mit einer Kienrufsschicht bekleidet. Man drehte gegen die Säule successiv die Seite, wo der Kienrufs auf Glas safs, und diejenigen, wo Silber darunter war; und man erhielt im ersten Falle stets etwas gröfsere Ablenkungen als im letzteren.

Wir variirten unsere Versuche, um uns vor zufälligen Variationen zu schützen, die unsere Wärmequelle erlitten haben konnte; auch haben wir sie oftmals wiederholt, ohne eine constante Fehlerquelle darin entdecken zu können.

Zwei erste Reihen von Versuchen gaben als mittlere Ablenkungen:

mit geschwärztem Glase	mit geschwärztem Silber
13,9	13,3
19,7	19,1.

Vier andere Reihen, mit einem anderen Apparat angestellt, gaben als mittlere Ablenkungen:

mit geschwärztem Glase	mit geschwärztem Silber
37,50	35,60
38,20	36,40
19,85	19,15
21,60	19,60.

Es wäre unnöthig, bei diesen Beobachtungen zu verweilen; offenbar werfen sie eine neue Unsicherheit auf die Bestimmung der Ausstrahlungsvermögen. Wie dem auch sey, wir geben hier für Kienrufs, Glas und Silber die Verhältnisse der Werthe von *m*, hergeleitet aus Versuchen mit unseren beiden Thermometern in der geschwärzten Hülle von 24 Centimeter.

Zahlen gefunden mit dem cylindrischen Thermometer.

	Thermometer	Verhältnifs der Werthe von *m*	
Die diesen Zahlen zum Grunde liegenden Versuche wurden nach der Dulong-Petit'schen Methode berechnet.	nackt, dann geschwärzt	bei jeder Temper. 0,909	
	versilbert mit versilbertem Stiel, dann nackt	bei 150° 0,128	bei 63° 0,162
	vergoldet mit nacktem Stiel, dann nackt	bei 150° 0,160	bei 63° 0,195
Bei Berichtigung dieser Zahlen wurden die Veränderungen der Masse und der Capacität des Quecksilbers möglichst vollständig berücksichtigt	versilbert mit versilbertem Stiel, dann nackt	bei 150° 0,132	bei 63°. 0,171

Zahlen erhalten mit dem sphärischen Thermometer.

	Thermometer	Verhältnifs der Werthe von m	
Berichtigt wegen Aenderung der Masse, nicht wegen der der Capacität des Quecksilbers	versilbert mit versilbertem Stiel, dann nackt	bei 105° 0,150	bei 48° 0,1876
Eben so berichtigt	versilbert mit versilbertem Stiel, dann nackt	bei 105° 0,170	bei 48° 0,199
	versilbert mit nacktem Stiel, dann nackt	bei 105° 0,22	bei 48° 0,256

Vierter Theil.

Erwärmung.

Ueber die Erwärmung kennen wir nur einen Versuch, und der stammt von Rumford her. Nachdem dieser Physiker in der Luft die Erkaltung zweier kleinen Messinggefäfse, eines glänzenden und eines anderen zum Theil mit feinem Zeuge überzogenen, beobachtet hatte, brachte er sie beide in ein Zimmer, dessen Temperatur +17° C. war. Er beobachtete die Erwärmung von +6° bis +12°. Hr. Biot hat die beiden Versuche berechnet, und gezeigt, dafs die Erwärmung sich wie die Erkaltung für eine kleine Strecke durch das Newton'sche Gesetz vorstellen läfst [1]). Für Temperaturen von gleichem Abstande von der Temperatur der Hülle schien ihm die Erwärmung langsamer zu gehen als die Erkältung; allein da die Versuche in verschiedenen Zimmern ausgeführt worden, so war es ihm unmöglich irgend eine Folgerung daraus zu ziehen. Offenbar läfst sich nur eine Lösung der Aufgabe erwarten, wenn man mit den Versuchen eine gröfsere Strecke der Thermometerskale umfafst, sie unter verschiedenen Drucken und unter mehr identischen äufseren Umständen anstellt.

Wir experimentirten beständig mit einem geschwärzten Ballon von 15 Centim. Durchmesser, der durch Dampf von siedendem Wasser in einer constanten, vom Barometer an-

1) *Physique, T. IV, p.* 624.

gezeigten Temperatur erhalten wurde. Nicht ohne einige Mühe ist es uns gelungen, den Ballon bei dieser Temperatur luftleer zu halten. Der Stiel des Thermometers steckte in dem den Apparat verschliefsenden Pfropfen mit einer immer ziemlich schwachen Reibung, gehalten überdiefs durch fette Körper und durch Wachs, welche bei etwas erhöhter Temperatur mit Leichtigkeit schmelzen. Man mufste also diese Schmelzung verhindern, ohne die Temperatur der Hülle an irgend einer Stelle zu erniedrigen. Um dahin zu gelangen, haben wir dem Ballon einen langen Hals gegeben, dessen oberer, durch den Pfropf verschlossener Theil von kaltem Wasser umgeben war; eine von aufsen anschraubbare Schale diente zur Aufnahme des Wassers, und eine untere Oeffnung erlaubte, es oft zu erneuen. Unten tauchte der Hals in den Dampf, und theilte seine Wärme einer kreisrunden Scheibe mit, die, im Innern befindlich, zur Ergänzung der Hülle diente.

Unglücklicherweise war es uns unmöglich, die Erwärmung auf eine sehr grofse Strecke zu beobachten. Das Thermometer wurde bei der Temperatur der umgebenden Körper hineingesteckt. Es erwärmte sich, während man auspumpte und die übrigen Vorbereitungen des Versuchs vollzog. Um überdiefs den Einflufs der Fehler, die bei Bestimmung der Temperaturen des Thermometers oder des Bades möglich waren, zu verringern, haben wir die Beobachtungen bis zu Temperaturen nahe an 100° getrieben.

Aus allen diesen Gründen umfassen unsere Tafeln nur ein Intervall von etwa 40 Grad.

Die Untersuchung der Erwärmungsgeschwindigkeiten hat uns bald gelehrt:

1) Dafs das Erwärmungsvermögen der Luft sich mit dem Druck und dem Temperaturüberschufs des Thermometers ändert, sehr nahe nach demselben Gesetz wie das Erkaltungsvermögen. In der Hülle, in welcher wir es beobachteten, kann sein Werth immer durch die Formel

$$v = n p^c t^{1,233}$$

vorgestellt werden, nur dafs der Werth des Exponenten

von p sich für Glas zu 0,40 und für Silber zu 0,42 ergab [1]).

Diese Resultate beziehen sich auf Drucke zwischen $0^m,760$ und $0^m,020$. Fällt die Elasticität des Gases unter diese Gränze, so zeigt das Erwärmungsvermögen der Luft in der von uns gebrauchten Hülle von 15 Centim. ähnliche Schwankungen, wie man beim Beobachten der Erkaltung in derselben Hülle findet.

Zugleich wie der Exponent von p seinen Werth ändert, thut es auch die Constante n in merklicher Weise. Wir begnügen uns, das Daseyn dieser Unterschiede anzugeben, ohne ihre Gröfse strenge bestimmen zu wollen. Sie ändern sich ohne Zweifel mit den Dimensionen der angewandten Apparate. Jedenfalls müfste man, um sie sicherer zu bestimmen, neue Versuche machen in Hüllen von gröfserer Geräumigkeit und unter geringeren Drucken als die, welche wir bei unseren Rechnungen beibehalten konnten.

2) Das Gesetz, nach welchem auf dem Wege der Strahlung die Wärme-Austausche zwischen dem Thermometer und der Hülle geschehen, läfst sich auch ausdrücken durch die Formel:

$$V = m a^{\vartheta} (a^t - 1),$$

sobald man dem Ueberschufs t das gehörige Zeichen giebt, d. h. ihn negativ nimmt. Bezeichnet man demnach durch t den absoluten Werth des Unterschiedes zwischen der Temperatur der Hülle und der des Thermometers, so hat man für die Erwärmung im Vacuo:

$$V = m a^{\vartheta} \left(\frac{a^t - 1}{a^t}\right).$$

Der Coëfficient m schien uns für Glas unabhängig von der Temperatur des Thermometers zu seyn.

Wenn für Metall wirklich eine Variation vorhanden ist, so liegt sie in dem von den Erkaltungsversuchen angedeuteten Sinn; sie besteht in einer schwachen Abnahme beim Steigen der Temperatur. Die Ausdehnung unserer

1) In beiden Fällen hätte man ohne Nachtheil den mittleren Werth 0,41 annehmen können.

Versuche ist jedoch zu beschränkt, um sie recht deutlich zu machen, und dieſs besonders, weil die geringsten Unsicherheiten in Betreff der Wirkung der Luft die Variationen, um deren Bestimmung es sich handelt, bedeutend abändern können.

Mit einem Wort, wenn man die mögliche Variation von m beachtet, kann man sagen, daſs das allgemeine Gesetz der Erkaltung und der Erwärmung im Vacuo begriffen ist in der Formel:

$$V = m\,a^{T} - m\,a^{T'}.$$

Für die Erkaltung bezeichnet T die Temperatur des Thermometers und T' die der Hülle; bei der Erwärmung ist es umgekehrt.

Zuletzt bietet sich noch die Frage dar: bleibt der Coëfficient m, bei gleicher absoluter Temperatur, derselbe für ein selbes Thermometer und eine selbe Hülle, wenn man von der Erkaltung zur Erwärmung übergeht?

Unsere Versuche berechtigen uns nicht, dieſs zu bejahen; im Gegentheil scheinen sie anzudeuten, daſs im zweiten Fall ein bedeutend niedrigerer Werth stattfinde als im ersten.

Die folgenden Tafeln werden zur Rechtfertigung obiger Behauptungen dienen. Sie zerfallen in zwei Gruppen, deren eine sich auf das nackte Thermometer bezieht, die andere auf das vergoldete.

Die erste Tafel jeder Gruppe enthält die direct beobachteten Geschwindigkeiten. Die zweite dient zum Erweise des Gesetzes der Erwärmung durch die Luft. Sie enthält die beobachteten und berechneten Werthe der Unterschiede in den Wirkungen dieser Flüssigkeit unter verschiedenen Drucken und bei irgend einer Temperatur.

Die dritte endlich enthält die berechneten Gesammt-Geschwindigkeiten; sie setzt die zweite voraus, und dient zur Aufstellung des Gesetzes der Erwärmung im Vacuo.

Erwärmungsgeschwindigkeiten des nackten cylindrischen Thermometers, beobachtet im geschwärzten Ballon von 15 Centim. Durchmesser.

Drucke.	Negative Temperaturüberschüsse[1]). 58°,24	46°,82	35°,35	23°,9	13°,407
	Beobachtete Geschwindigkeiten.				
0^m,765	0°,09005	0°,07291	0°,05484	0°,03638	
0 ,154	0 ,07170	0 ,05879	0 ,04503	0 ,03064	0 ,01735
0 ,108	0 ,06905	0 ,05655	0 ,04360	0 ,02969	0 ,01687
0 ,003	0 ,06036	0 ,04979	0 ,03893	0 ,02683	0 ,01562

Beobachtete und berechnete Unterschiede in den Wirkungen der Luft auf ein selbes Thermometer.

Unterschiede der Geschwindigkeiten	Negative Temperaturüberschüsse. 58°,24	46°,82	35°,35	23°,9
beobachtet unter 0^m,765 und 0^m,108	0°,0210	0°,01636	0°,01124	0°,00669
derselbe Unterschied berechnet	0 ,02086	0 ,01594	0 ,01127	0 ,00696
beobachtet unter 0^m,765 und 0^m,154	0 ,01835	0 ,01412	0 ,00984	0 ,00574
derselbe Unterschied berechnet	0 ,01819	0 ,0139	0 ,00982	0 ,00696

Erwärmungsgeschwindigkeiten des nackten cylindrischen Thermometers, berechnet nach der Formel:

$$m\, a^{\vartheta} \left(\frac{a^t - 1}{a^t}\right) + n p^{0,40}\, t^{1,233}$$

mit $log\, n = \overline{4},4546000$ und $log\, m = \overline{2},8224600$.

Drucke.	Temperaturüberschüsse. 58°,24	46°,82	35°,35	23°,9	13°,407
	Berechnete Geschwindigkeiten.				
0^m,765	0°,089997	0°,0725	0°,05474	0°,03677	
0 ,154	0 ,07181	0 ,05863	0 ,04494	0 ,03071	0°,01729
0 ,108	0 ,06913	0 ,05658	0 ,04347	0 ,02981	0 ,016853
0 ,003 [2])	0 ,06048	0 ,04997	0 ,03880	0 ,02693	0 ,01544

1) Unter negativem Temperaturüberschufs hat man den Unterschied zwischen der Temperatur des Thermometers und der der Hülle zu verstehen.

2) Bei Berechnung der Geschwindigkeiten, die dem Drucke 0^m,003 entsprechen, hat man 0,27 für den Exponenten des Drucks angenommen.

Erwärmungsgeschwindigkeiten des vergoldeten Thermometers mit nacktem Stiel, beobachtet im geschwärzten Ballon von 15 Centimeter Durchmesser.

	Negative Temperaturüberschüsse.					
	60°,2	53°,1	45°,2	36°,6	27°,98	19°,83
Drucke.	Beobachtete Geschwindigkeiten.					
0m,772	0°,05087	0°,04402	0°,03643	0°,02838	0°,02045	0°,01326
0 ,220	0 ,03278	0 ,02850	0 ,02375	0 ,01875	0 ,01365	0 ,0088
0 ,085	0 ,02443	0 ,02117	0 ,01770	0 ,01404		
0 ,014	0 ,01845	0 ,01619	0 ,01379	0 ,01115	0 ,00837	
0 ,003	0 ,01529	0 ,01342	0 ,01156	0 ,00952	0 ,00733	

Beobachtete und berechnete Unterschiede in den Wirkungen der Luft auf ein selbes vergoldetes Thermometer.

Geschwindigkeitsunterschied.	Negative Temperaturüberschüsse.				
	60°,2	53°,1	45°,2	36°,6	27°,98
beob. unt. 0m,772 u. 0m,085	0°,02643	0°,0228	0°,0187	0°,01426	
derselbe berechnet	0 ,02636	0 ,0225	0 ,0185	0 ,01434	
beob. unt. 0m,772 u. 0m,220	0 ,01809	0 ,01551	0 ,01268	0 ,00963	0°,00680
derselbe berechnet	0 ,01788	0 ,01532	0 ,01256	0 ,00968	0 ,00690

Erwärmungsgeschwindigkeiten des vergoldeten cylindrischen Thermometers mit nacktem Stiel, nach der Formel:

$$m\, a^{\vartheta}\left(\frac{a^t-1}{a^t}\right)+n\, p^{0,42}\, t^{1,233}.$$

	Temperaturüberschüsse.					
	60°,2	53°,1	45°,2	36°,6	27°,98	19°,83
	Man nimmt $log\, n = \bar{4},49200$ und $log\, m =$					
	$\bar{3},954$	$\bar{3},953$	$\bar{3},953$	$\bar{3},952$	$\bar{3},932$	$\bar{3},866$
Drucke	Berechnete Geschwindigkeiten.					
0m,722	0°,05081	0°,04386	0°,03631	0°,02835	0°,02052	0°,0133
0 ,220	0 ,03293	0 ,02854	0 ,02376	0 ,01867	0 ,01357	0 ,00876
0 ,085	0 ,02445	0 ,02128	0 ,01780	0 ,01408	0	

Die Geschwindigkeiten unter 0m,014 wurden berechnet mit $n p^{0,25} t^{1,14}$ und demselben Werth von n.

0m,014	0°,01843	0°,01623	0°,01379	0°,01113	0°,00825

Ueber die mittlere Tafel jeder der zwei vorstehenden Gruppen haben wir die wichtige Bemerkung zu machen, daſs man nicht immer hoffen darf eine absolute Uebereinstimmung

zwischen den berechneten und beobachteten Resultaten zu finden, weil fast bedeutungslose Unsicherheiten in den Gesammtgeschwindigkeiten einen ungeheuren Einflufs auf die Unterschiede ausüben. So findet man in der Tafel für das nackte Thermometer die beobachteten Geschwindigkeiten 0,00669 und 0,00574 als entsprechend den berechneten Zahlen 0,00696 und 0,00606.

Um die hier auftretende Unregelmäfsigkeit verschwinden zu machen, würde es genügen, blofs bei der beobachteten Geschwindigkeit 0,03638 einen Fehler von kaum $\frac{1}{120}$ ihres gesammten Werthes vorauszusetzen.

Eine wichtige Folgerung aus den eben angeführten Gesetzen und Zahlen ist: dafs ein Körper, bei gleichem Abstand über oder unter der Temperatur der Hülle, in der er sich befindet, sich mit sehr ungleicher Geschwindigkeit erkältet und erwärmt. Die Geschwindigkeit der Erwärmung ist geringer als die der Erkaltung.

Um es recht sichtbar zu machen, wollen wir annehmen, der Werth von m bleibe derselbe in beiden Fällen, und sey unabhängig von der Temperatur. Die Erkaltungsgeschwindigkeit eines Körpers mitten in einer luftleeren Hülle bei der Temperatur ϑ hat zum Ausdruck:

$$V = m\,a^{\vartheta}(a^{t}-1),$$

wenn seine Temperatur $t+\vartheta$ ist. Ist diese Temperatur $\vartheta - t$, so wird seine Erwärmungsgeschwindigkeit:

$$V' = m\,a^{\vartheta}\left(\frac{a^{t}-1}{a^{t}}\right).$$

Das Verhältnifs a^{t} von V zu V' ist:

wenn $t=5$	1,039
- $t=10$	1,0797
- $t=500$	2,153.

Geschieht die Erwärmung in der Luft, so kann die Wirkung dieser Flüssigkeit den Unterschied abändern; oft ist er nicht mehr merklich; der Versuch läfst hierüber keinen Zweifel. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur die Augen auf folgende Tafeln zu werfen, wo die Geschwindigkeiten der Erwärmung und der Erkaltung des nackten

Thermometers in einer Hülle von 100° C. für verschiedene Temperaturüberschüsse und verschiedene Drucke mit einander verglichen sind.

Nacktes cylindrisches Thermometer in der Hülle von 100°.

Erkaltung.			Erwärmung.		
Drucke.			Drucke.		
	Ueberschufs	35°,35		Ueberschufs	35°,35
0m,003		0°,049331	0m,003		0°,038928
0 ,154		0 ,056443	0 ,154		0 ,04503
0 ,765		0 ,066658	0 ,765		0 ,05484
	Ueberschufs	13°,407		Ueberschufs	13°,407
0m,003		0°,016981	0m,003		0°,015619
0 ,154		0 ,0191317	0 ,154		0 ,017348

Die in dieser Tafel enthaltenen Erwärmungsgeschwindigkeiten sind direct beobachtet; die Erkaltungsgeschwindigkeiten dagegen sind berechnet nach der allgemeinen Formel, welche die Erkaltung des nackten Thermometers in einer geschwärzten Hülle ausdrückt. Zwar, wird man sich erinnern, giebt diese Formel nicht die Erkaltung durch die Luft unter 3 Millim. Druck; allein wir haben uns versichert, dafs sie noch anwendbar ist, wenn man nur den Exponenten des Drucks ändert; wir haben ihn zu 0,33 angenommen, und dadurch befriedigende Resultate erlangt wie aus folgenden Zahlen hervorgeht.

Erkaltungsgeschwindigkeiten beobachtet im Ballon von 15 Centim. in der Hülle von 14°,7.

	Temperaturüberschüsse.			
	107°,357	94°,162	60°,70	37°,60
Druck.	Beobachtete Geschwindigkeiten.			
0m,003	0°,11164	0°,09273	0°,05225	0°,02958

Dieselben berechnet nach der Formel $m a^{\vartheta}(a^{t}-1)+np^{0,33}t^{1,233}$ mit $log\, n = \overline{4},488$ und $log\, m = \overline{2},833$.

Druck.	Berechnete Geschwindigkeiten.			
0m,003	0°,11165	0°,092850	0°,05225	0°,02939

Wenn also zwei identische Thermometer, das eine bei 0°, das andere bei 200°, successiv in eine und dieselbe

Hülle von 100° gebracht werden, so erwärmen und erkälten sich dieselben mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten.

Eine andere Bemerkung ist: dafs ein Thermometer, welches bei 0° in eine Hülle von 100° gebracht worden, zu seiner Erwärmung eine ganz andere Zeit gebraucht, als es gebrauchen würde, um sich um dieselbe Zahl von Graden zu erkälten, wenn es bei 100° in eine Hülle von 0° gebracht wäre. Zwar sind anfangs die Gradbrüche, welche während einer unendlich kurzen Zeit verloren oder gewonnen werden, dieselben, weil die Formel

$$M(a^{T}-a^{T'})=V$$

bis auf das Zeichen dieselbe bleibt, wenn T in T' übergeht; allein die Gleichheit hat nur während dieses einzigen Augenblicks statt. Aus dem Obigen ersieht man leicht, unter welche Umstände man sich versetzen müfste, um annehmen zu können, die Gleichheit oder Ungleichheit gewisser verglichenen Erwärmungs- oder Erkaltungsgeschwindigkeiten stelle die Gleichheit oder Ungleichheit der numerischen Ausdrücke für die Emissions- und Absorptionsvermögen auf eine sichere Weise fest [1]).

Man müfste z. B. ein Thermometer bei 15° in eine Hülle von 0° bringen, seine Erkaltung beobachten, und den Werth ihrer Geschwindigkeit bei 10° bestimmen, dann dasselbe Thermometer bei —10° in die Hülle von +10° versetzen, seine Erwärmung beobachten und die Geschwindigkeit derselben für 0° bestimmen.

Vergliche man hierauf die Erwärmungs- und Erkaltungsgeschwindigkeiten für wenig verschiedene absolute Temperaturen, so würde man den Einflufs der immer unsicheren Berichtigungen, die man an den Geschwindigkeiten anzubringen genöthigt ist, sehr gering machen.

Aus der dem Erkaltungsgesetz beigelegten Form entspringt die Erklärung einer Eigenthümlichkeit, die sich bei

1) Diese numerischen Ausdrücke sind bekanntlich die Werthe der Verhältnisse der Emissions- und Absorptionsvermögen der betrachteten Substanz zu denen des Kienrufses, welchen man gewöhnlich zum Vergleichpunkt wählt.

Berechnung der Geschwindigkeiten darbietet. Die angewandte Interpolationsformel war immer das Newton'sche Gesetz. Man repräsentirte die Geschwindigkeit zwischen zwei wenig verschiedenen Temperaturüberschüssen durch einen Ausdruck von der Form $V = t l \mu$, wo $l \mu$ in jedem Fall durch Beobachtung bestimmt ward, wie oben erläutert worden. Da das Newton'sche Gesetz keine grofse Strecke der Skale umfassen kann, so findet man für jeden Ueberschufs t andere Werthe von $l \mu$. Diese Werthe nehmen im Falle der Erkaltung beständig ab mit der Temperatur; diefs ist leicht einzusehen, denn da die Geschwindigkeit wirklich durch die Formel

$$m a^{\vartheta} (a^{t} - 1) + n p^{0,45} t^{1,233}$$

oder

$$m a^{\vartheta} \left(t l a + \frac{t^2 l a^2}{1.2} + \ldots \right) + n p^{0,45} t^{0,233},$$

gegeben ist, so setze man:

$$m a^{\vartheta} \left(l a + \frac{t l a^2}{1.} + \ldots \right) + n p^{0,45} t^{9,233} = l \mu$$

und folglich ist die Variable $l \mu$ desto kleiner als der Ueberschufs t selber kleiner ist.

Verfährt man eben so mit den Zahlen, die der Versuch zur Bestimmung der Erwärmungsgeschwindigkeiten gegeben hat, so findet man, dafs die Werthe von $l \mu$, in dem Maafse als der Temperaturüberschufs abnimmt, anfangs zunehmen, ein Maximum erreichen und darauf abnehmen. Man findet überdiefs, dafs das Maximum von $l \mu$ desto höheren Temperaturüberschüssen entspricht, als der Druck gröfser und das Emissionsvermögen schwächer ist. Alles diefs mufs so seyn nach der obigen Formel, denn wenn die Geschwindigkeit wirklich durch

$$m a^{\vartheta} (1 - a^{-t}) + n p^{0,45} t^{1,233}$$

vorgestellt wird, bestimmt sich $l \mu$ durch die Gleichung:

$$m a \left(\frac{1 - a^{-t}}{t} \right) + n p^{0,45} t^{0,233} = l \mu.$$

Die Temperatur, welche dem Maximum von $l \mu$ entspricht, ist gegeben durch die Gleichung:

$$\frac{1-a^{t}(1+t\,l\,a)}{t^{1,233}}=\frac{0,283\,n\,p^{0,45}}{m\,a^{\vartheta}}.$$

Das zweite Glied wächst, wenn der Druck stärker und das Ausstrahlungsvermögen schwächer wird. Eben so verhält es sich mit dem ersten, und folglich auch mit dem Werth von t; denn man überzeugt sich leicht, dafs das erste Glied wächst mit t bis zu einer weit höheren Gränze (169°), als die, auf welche unsere Versuche nothwendig beschränkt seyn mufsten.

Allgemeine Folgerungen.

In dieser Abhandlung hatten wir uns vorgenommen:

1) Zu prüfen die allgemeine Formel, welche Dulong und Petit gegeben haben als Ausdruck für die Erkaltung eines Körpers von vollkommener Leitungsfähigkeit in einer Hülle von absolutem Ausstrahlungsvermögen, sey sie leer oder unter irgend einem Druck mit Gas erfüllt.

2) Zu suchen, wie diese Formel abgeändert werden müsse, wenn man die Dimensionen der Hülle oder den Zustand ihrer Oberfläche abändert.

3) Experimentell zu studiren die Erwärmung im Vacuo oder in Luft.

Man sieht gegenwärtig zu welchen Schlüssen wir hinsichtlich jeder dieser Punkte gelangt sind.

Wie wir schon gesagt, repräsentirt das Dulong-Petit'sche Gesetz die Erkaltung eines nackten oder geschwärzten Thermometers in einer geschwärzten Hülle von grofsen Dimensionen sehr gut.

Sobald aber die Oberfläche des Thermometers metallen ist, ändert sich der Coëfficient m, der das Ausstrahlungsvermögen mifst, mit der Temperatur, wächst wenn diese sinkt. Ueberdiefs scheint die absolute Gröfse der erkältenden Wirkung der Luft einen leichten Anwuchs zu erfahren.

Verkleinert man die Dimensionen der Hülle, so wird das Gesetz der Erkaltung durch die Luft verwickelt und geändert. Die, anfangs bei schwachen Drucken, unmerkliche

che Aenderung dehnt sich allmälig auf alle aus, die man betrachtet; und eine der sonderbarsten Aeuſserungen dieser Aenderung des Gesetzes besteht darin, daſs, innerhalb gewisser Gränzen, eine Art von Unabhängigkeit zwischen dem Erkaltungsvermögen der Luft und dem Druck eintritt. Diese Gränzen variiren mit den relativen Dimensionen der Hülle und des Thermometers. Uebrigens, scheint es, variirt das erkaltende Vermögen der Luft, unter jedem Druck, immer proportional einer gewissen Potenz des Ueberschusses der Temperatur des Thermometers über die der Hülle, aber der Exponent dieser Potenz ändert sich mit dem Druck.

Um zu dieser letzten Folgerung zu gelangen, haben wir angenommen, was übrigens unsere Versuche sehr wahrscheinlich machen, daſs die Erkaltung durch Strahlung beinahe unabhängig ist von der Gröſse der Hüllen.

Eine Veränderung im Ausstrahlungsvermögen der Hülle ändert nicht die Form des Erkaltungsgesetzes; nur erleidet, bei gleicher Temperatur, der numerische Werth des Coëfficienten m in gewissen Fällen groſse Abänderungen, während er in anderen unverändert bleibt. Daraus folgt, daſs, bei gleicher Temperatur, im Vacuo das Verhältniſs der Erkaltungsgeschwindigkeiten eines selben Thermometers, das mit zwei verschiedenen Substanzen bekleidet ist, sich mit dem Ausstrahlungsvermögen der Hülle ändert.

Das Gesetz der Erwärmung eines Thermometers in der Luft unter irgend einem Druck oder im Vacuo kann immer durch eine ganz ähnliche Formel wie die der Erkaltung dargestellt werden, wohlverstanden jedoch vorausgesetzt, daſs man Rücksicht nehme auf die Zeichenänderung, welche dann der Temperaturüberschuſs des Thermometers erfährt.

Nur die absolute Gröſse der meisten Constanten ändert sich bei einem und demselben Thermometer, wenn man von der Erkaltung zur Erwärmung übergeht.

Aus diesem Gesetze folgt, daſs, bei gleichem Abstande, unterhalb oder oberhalb der Temperatur der Hülle, ein und dasselbe Thermometer sich mit sehr ungleichen Geschwindigkeiten erwärmt oder erkältet.

Alle diese Resultate sind unabhängig von den Unsicherheiten hinsichtlich des wahren Werths der Berichtigungen, welche man an den direct beobachteten Geschwindigkeiten anzubringen hat. Sie scheinen es auch zu seyn von dem oft sehr beträchtlichen Einflufs, welchen der Stiel bei der Erkaltung eines Thermometers haben kann; und dann sind sie anwendbar auf den Fall der Erkaltung oder Erwärmung eines absolut isolirten Körpers mitten in einer leeren oder unter irgend einem Druck mit Luft erfüllten Hülle.

Erster Zusatz.

Mehrmals haben wir im Laufe dieser Abhandlung der Striche auf dem gröfsten unserer Thermometer erwähnt. Wir geben hier eine Tafel der Temperaturen, welche diesen Strichen während des gröfsten Theils der Dauer unserer Versuche entsprachen. Daneben stehen die Werthe derselben Temperaturen, berichtigt für den Einflufs des Stiels, unter Voraussetzung, dafs das Quecksilber bei 15° zum Behälter heraustrete.

Cylindrisches Thermometer.

Striche.	Temperatur.	Berichtigte Temperatur.	Striche.	Temperatur.	Berichtigte Temperatur.
850 [1])	168°,368	173°,473	590	95°,149	96°,863
800	154 ,313	158 ,629	570	89 ,491	91 ,016
750	140 ,225	143 ,815	530	78 ,258	79 ,439
700	126 ,167	129 ,10	500	69 ,833	70 ,783
690	123 ,351	126 ,450	470	61 ,354	62 ,095
650	112 ,110	114 ,45	450	55 ,705	59 ,366
610	100 ,798	102 ,71	420	47 ,231	47 ,675

Zweiter Zusatz.

Die beiden Paare von Tafeln, welche folgen, zeigen, wie wir im Text, S. 367, angekündigt haben, dafs die Gesammt-Geschwindigkeiten der Erkaltung unseres cylindrischen Thermometers in der Hülle von 15 Centim. immer durch die Dulong-Petit'sche Formel vorgestellt werden

1) Berichtigt wegen Verschiebung des Nullpunkts.

können, wenigstens unter etwas starken Drucken. Um überdiefs zu zeigen, dafs hier, wie immer, die Resultate unabhängig sind von der Berichtigungsweise, die man befolgt, um die beobachteten Resultate zu erhalten, haben wir die Geschwindigkeiten des vergoldeten Thermometers mit Rücksicht auf die Massenveränderung, und die des nackten Thermometers ohne Rücksicht darauf bestimmt.

Erkaltungsgeschwindigkeiten des nackten cylindrischen Thermometers in der Hülle von 15 Centim. bei 14°,7, blofs berichtigt für den Rücktritt des kalten Quecksilbers.

	Temperaturüberschüsse.			
	107°,36	94°,16	60°,70	37°,60
Drucke.	Beobachtete Geschwindigkeiten.			
0m,765	0°,1847	0°,1535	0°,0883	0°,0488
0 ,432	0 ,1637	0 ,1379	0 ,0781	
0 ,251	0 ,1508	0 ,1242		0 ,0398
0 ,003	0 ,1116	0 ,0927	0 ,0522	0 ,02958

Dieselben Geschwindigkeiten berechnet nach der Formel

$$m a^{\vartheta} (a^{t} - 1) + n p^{0,45} t^{1,233}$$

mit $log\, n = \bar{4},488$ und $log\, m = \bar{2},833$.

	Temperaturüberschüsse.			
	107°,36	94°,16	60°,70	37°,60
Drucke.	Berechnete Geschwindigkeiten.			
0m,765	0°,1832	0°,1538	0°,0877	0°,9490
0 ,432	0 ,1637	0 ,1373	0 ,0780	
0 ,251	0 ,1494	0 ,1249		0 ,0398

Geschwindigkeiten bei 0m,003 berechnet mit den Exponenten 0,33.

0m,003	0°,1116	0°,09285	0°,0522	0°,0294

Erkaltungsgeschwindigkeiten des vergoldeten cylindrischen Thermometers, in der Hülle von 15 Centim. und 14°,7, berichtigt für den Rücktritt des Quecksilbers und die Massenveränderung.

	Temperaturüberschüsse.				
	147°,19	130°,88	116°,08	99°,9	75°,17
Drucke.	Beobachtete Geschwindigkeiten.				
0m,756	0°,1551	0°,1337	0°,11631	0°,09621	0°,06847
0 ,217		0 ,08582		0 ,06091	
0 ,089	0 ,07392	0 ,0640	0 ,05514	0 ,04539	0 ,03239
0 ,006	0 ,04771	0 ,04141	0 ,03583	0 ,02981	

Dieselben Geschwindigkeiten berechnet nach der Formel

$$m a^{\vartheta} (a^t - 1) + n p^{0,45} t^{1,233}.$$

Drucke.	Temperaturüberschüsse.				
	147°,19	130°,88	116°,08	99°,9	75°,17
	Man nimmt $log\ n = 4,5014994$ und $log\ m =$				
	$\bar{2},00029$	$\bar{2},02231$	$\bar{2},03892$	$\bar{2},04823$	$\bar{2},08203$
	Berechnete Geschwindigkeiten.				
0m,756	0°,1552	0°,1844	0°,1159	0°,0962	0°,0681
0 ,217		0 ,08533		0 ,06116	
0 ,089	0 ,07377	0 ,06392	0 ,05514	0 ,04565	0 ,03252
0 ,006	0 ,03875	0 ,03362	0 ,0290	0 ,02392	

Die für den Druck 0m,006 mit den Exponenten 0,45 berechnete Geschwindigkeiten stimmen nicht mit den beobachteten, wohl aber wenn man den Exponenten zu 0,35 oder 0,36 annimmt.

0m,006	0°,04759	0°,04127	0°,0356	0°,02941

V. *Ueber die Linien im Spectrum des durch farbige Dämpfe und Gase gegangenen Lichts und in dem gewisser farbiger Flammen; von W. A. Miller.*

Professor der Chemie am Kings College in London.

(*Philosoph. Magazine, Ser. III, Vol. XXVII, p.* 81. Mit einigen Abkürzungen.)

Bei Untersuchung des prismatischen Spectrums, welches durch die tief rothen Dämpfe der Untersalpetersäure (NO_4) geleitet worden, machte Sir D. Brewster die merkwürdige Entdeckung, dafs die Absorption der Strahlen durch dieses Medium verschieden ist von der durch flüssige und starre Körper überhaupt, indem sie eine Menge von Linien erzeugt, welche, wie die von Fraunhofer beobachteten, quer durch das Spectrum gehen; diese Linien waren gegen das brechbarere Ende des Spectrums hin am breitesten, dunkelsten und zahlreichsten. Sie zeigten sich sowohl bei Sonnenlicht als bei künstlichem Licht. Kurz darauf erwei-

terten Prof. Miller, in Cambridge, und der verstorbene Prof. Daniell diese Untersuchung auf andere farbige Gase, z. B. auf das von Chlor, Brom, Jod, Euchlorin und Indigo [1]). Zwischen den Spectren des Jod- und Bromdampfs entdeckten sie einen sehr genauen Parallelismus, indem sie beide auf einen grofsen Theil ihrer Erstreckung durchschnitten fanden von vielen gleichabständigen Linien, die einander in Zahl und Lage entsprachen.

Die merkwürdige Aehnlichkeit in der Wirkung auf Licht zwischen zwei Körpern, deren chemische Eigenschaften in so vieler Hinsicht eng verwandt sind, hat mich veranlafst, eine Menge anderer farbiger Verbindungen zu untersuchen. Ich hoffte dabei besonders unter Verbindungen von ähnlicher Natur und Eigenschaften eine Correspondenz, wenn auch nicht genau in der Lage, doch wenigstens in der allgemeinen Anordnung der im Spectrum sich bildenden Linien zu entdecken. Diese Hoffnung hat sich nun zwar nicht in bedeutendem Maafse verwirklicht, vielmehr hat sich gezeigt, dafs die Fälle, in welchen keine Linien entstehen, weit zahlreicher sind als die, wo solche zum Vorschein kommen; allein dennoch habe ich einige Thatsachen aufgefunden, die, glaube ich, nicht allgemein bekannt sind, und hinreichendes Interesse haben, den Wissenschaftsmännern vorgelegt zu werden. Schon die Aufzählung der Substanzen, bei denen ich vergebens Linien aufsuchte, wird, aufser dafs sie Andere von fruchtlosen Arbeiten abhalten kann, einigen Nutzen haben.

Meine Beobachtungen betreffen hauptsächlich zwei Gegenstände: die Wirkung farbiger Gase und Dämpfe auf das von ihnen durchgelassene Licht, und die von verschiedenfarbigen Flammen erzeugten Spectra.

Ehe ich die Anstellungsweise der Versuche auseinandersetze, will ich kurz die Hauptergebnisse in Betreff des ersten Gegenstandes angeben.

1) Bei Anwendung *farbloser Gase* habe ich niemals neu

1) Vergl. diese Ann. Bd. 28, S. 380 und 386; Bd. 32, S. 128; Bd. 33, S. 233, und Bd. 38, S. 50. *P.*

hinzutretende Linien entdecken können. Es wurden vierzehn Substanzen von sehr verschiedener Dichte angewandt, von der des Wasserstoffs, 0,0691, bis zu der des Aetherdampfs, 2,586, und der des Jodwasserstoffs 4,388. Unter diesen Körpern waren drei einfache, nämlich *Sauerstoff*, *Wasserstoff*, *Stickstoff*, und elf zusammengesetzte von sehr verschiedener Verdichtungsweise, als: *Stickstoffoxyd*, worin die Elemente unverdichtet verbunden sind, *Stickstoffoxydul*, worin drei Volumen der Gase auf zwei reducirt sind, und *Ammoniak*, welches zwei Volumen zu einem verdichtet enthält. In den chemischen Eigenschaften waren sie nicht minder weit verschieden. Fünf dieser Gase waren Säuren: Schwefelwasserstoff-, Chlorwasserstoff-, Jodwasserstoff-, Kohlensäure und schweflige Säure. Eins, das Ammoniak, war ein Alkali; eins, das Cyan, ein organisches Radical; eins, der Aether, eine Verbindung eines solchen Radicals; und das letzte, der Chlorschwefel, der sich nicht unter eine dieser Klassen bringen läfst.

2) Farbe allein bedingt noch nicht das Vorkommen von Linien. Von Dämpfen, die das Auge nicht von einander unterscheiden kann, geben einige Linien in grofser Zahl, andere gar nicht. Ersteres ist der Fall beim Bromdampf, letzteres beim Dampf vom Wolframchlorid.

3) Aus der Farbe eines Gases kann auch nicht auf die Lage der Linien geschlossen werden. Beim grünen Manganhyperchlorid liegen die meisten Linien im Grün; während sie bei dem rothen Dampfe der Untersalpetersäure an Zahl und Dichtheit gegen das blaue Ende des Spectrums hin zunehmen.

4) Sowohl einfache als zusammengesetzte Körper geben Linien; und zwei einfache Körper, die sie einzeln nicht hervorbringen, können sie in ihrer Verbindung reichlich erzeugen. Sauerstoff, Stickstoff, Chlor, für sich veranlassen keine Linien; aber mehre Oxyde sowohl vom Stickstoff als vom Chlor zeigen sie in der auffallendsten Weise. Es giebt jedoch auch Oxyde von Stickstoff und Chlor, die keine Linien darbieten.

5) Es können auch in Dämpfen einfacher Substanzen, wie im Joddampf, Linien vorkommen, während in ihren Verbindungen keine vorhanden sind, wie in der Jodwasserstoffsäure, einer Verbindung gleicher Volume von Joddampf und Wasserstoffgas ohne Verdichtung.

6) Zuweilen erscheinen dieselben Linien in den verschiedenen Oxydationsstufen einer und derselben Substanz. Ein merkwürdiges Beispiel davon liefern die verschiedenen Oxyde des Chlors.

7) Die Linien wachsen in Zahl und Dichtheit bei Verlängerung der vom Licht durchlaufenen farbigen Schicht, oder bei Erhöhung ihrer Farbenintensität durch irgend eine Ursache. Diefs beweist, dafs bei einem verdünnten Dampfe mehr Linien vorhanden sind, als unsere Instrumente oder Augen zu entdecken vermögen. Beispiele hievon geben Brom und Jod.

8) Die Linien erscheinen sowohl im polarisirten als im unpolarisirten Licht. Obwohl ich noch keine Versuche darüber angestellt, so leidet es doch wenig Zweifel, dafs diese Linien, so gut wie die Fraunhofer'schen, eine Abwesenheit von chemischem Einflufs, wie von Licht, bezeichnen.

Bei allen Versuchen mit durchgelassenem Licht war die Lichtquelle, wenn es nicht eigends anders angegeben ist, das diffuse Tageslicht. Die verschiedenen in Fig. 7 und 8, Taf. I, abgebildeten Spectra waren erhalten, indem man die Strahlen auf ein Prisma von Münchner Flintglas fallen liefs, das nach Fraunhofer'scher Weise aufgestellt und zu einem achromatischen Fernrohr ajustirt war, 20 Fufs von einem lothrechten Schlitz von 4 Zoll Länge und $\frac{1}{40}$ Zoll Breite in einer Messingplatte. Die Hälfte dieses Schlitzes liefs diffuses Tageslicht in seinem gewöhnlichen Zustande durch, die andere Hälfte war verdeckt durch das Rohr oder Gefäfs, welches das Gas oder den Dampf enthielt. Dadurch wurden zwei Spectra neben einander erzeugt, und meistens konnte man die Fraunhofer'schen Linien durch das

Dampfspectrum verfolgen, was genaue Vergleichpunkte zwischen beiden gewährte.

Bei Vergröfserung der Dicke der farbigen Schicht wird die Stärke und Anzahl der sichtbaren Linien erhöht; neue und schwächere Linien werden erkennbar, wenn man die Farbe des Gases intensiver macht. Zur Sichtbarmachung dieser Linien ist bei einigen Substanzen eine geringere Menge von derselben erforderlich als bei anderen. So macht ein Quantum Joddampf, welches eben hinreicht der Luft im Rohr einen Stich in's Violette zu geben, die Linien deutlich wahrnehmbar, während im Bromdampf, der völlig so roth als der Dampf von salpetriger Säure ist, die Linien zwar sichtbar, aber sehr schlecht begränzt sind. Ich habe mich daher, beim Experimentiren mit permanenten Gasen oder Dämpfen flüchtiger Substanzen, gehütet auf die Abwesenheit von Linien zu schliefsen, sobald nicht das Licht durch eine Dampfschicht von wenigsten 9 Lin. Tiefe gegangen war. Es ist möglich, dafs bei einigen Substanzen, die zu ihrer Verflüchtigung eine hohe Temperatur erfordern, die Anwendung einer Schicht von gröfserer Tiefe noch Linien hervorgerufen haben würde, da, ausgenommen beim Schwefel, die Versuche wegen der Schwierigkeit grofse Gefäfse gleichförmig zu erhitzen, mit Röhren von drei Viertelzoll innerem Durchmesser angestellt wurden. Dieser Ausnahmen sind indefs jedenfalls sehr wenige, da ich in keinem Fall bei Anwendung dickerer Schichten Linien gefunden habe, wenn in solchen Röhren alle Anzeigen von ihrem Daseyn fehlten. Die Gefäfse, welche ich zum Operiren mit gröfseren Gasmengen am zweckmäfsigsten fand, waren rechtwinkliche Kasten aus farblosen Glasplatten zusammengekittet, gewöhlich mit Schiffsleim (*marine glue*).

Im Zusammenhang mit den Effect einer Veränderung der Dicke der farbigen Schicht, will ich erwähnen, dafs wenn man die Intensität der Farbe erhöht, z. B. beim Dampf salpetriger Säure durch Erwärmung, die Linien im ganzen Spectrum viel dunkler werden, und auch viel schärfer begränzt, wenn deren wenige sind; sind sie aber zahlreich,

so mehren sie sich in solchem Maafse, dafs sie den Durchgang des Lichts aufhalten, und den Raum von *F* und *G*, welcher in Taf. I, Fig. 7, No. 4, mehre gut bezeichnete Gruppen enthält, zu einem einzigen Schattenstreifen machen. Läfst man die Röhre erkalten, so nehmen hier die Linien ihre frühere Deutlichkeit wieder an.

Analoge Erscheinungen beobachtet man beim Joddampf. Dieser Dampf wirkt besonders auf die grünen Stücke des Spectrums, und wenn er sehr dicht ist, sind die gelben und orangenfarbenen Räume von gleichabständigen Linien durchkreuzt, die diesen Dampf charakterisiren; sie verlieren sich allmälig im Grünen, wo sie in einen gleichförmigen Schatten überzugehen scheinen (Taf. I, Fig. 7, No. 2). So wie die Dampfmasse, beim Erkalten der Röhre, lockerer und ihre Farbe schwächer wird, sieht man die Linien sich allmälig in das Grüne ausdehnen, und zuletzt ist der ganze schattirte Raum mit ihnen erfüllt. Sie verschwinden nicht in diesem Raum, ehe sie nicht im Orange und Gelb verschwunden sind, und ehe nicht der letzte Stich von Violett in der Röhre vollständig fortgegangen ist. In den meisten Fällen, wo Dämpfe, nicht Gase, dem Versuch unterworfen werden, hat es Vortheil die Luft zu verdünnen und die Röhre vor der Flamme des Löthrohrs zuzuschmelzen. Mit Dampf von Indigo und mehren anderen Körpern läfst sich solchergestalt ohne Schwierigkeit experimentiren.

Ich brauche wohl nicht die merkwürdige und wohl erwiesene Thatsache hervorzuheben, dafs in dem Lichte des Nachmittags und des Abends Linien sichtbar sind, die man zu anderen Tageszeiten nicht so leicht entdeckt, und dafs besonders die in den rothen und orangenfarbenen Theilen des Spectrums viel deutlicher werden. Eine auffallende Erscheinung bot sich mir selber einstens dar. Als ich das Spectrum des diffusen Tageslichts gegen Abend untersuchte, da ein heftiges Gewitter heraufzog, kamen zuvor unsichtbare Linien deutlich zum Vorschein, und besonders wurde in dem hellsten Theil des Spectrums zwischen *D* und *E*, doch näher der ersteren Linie, eine Gruppe sichtbar, deren

Deutlichkeit mit der Heftigkeit des Regens zunahm; so wie der Regen aufhörte, wurde sie wieder schwächer und verschwand. Ich habe später bei mehren Gelegenheiten die Richtigkeit dieser Beobachtung bestätigt gefunden.

In Fig. 7, Taf. I, sind angenähert die Hauptgruppen der Linien dargestellt, die ich im Tageslicht nach seinem Durchgang durch verschiedene Dämpfe beobachtet habe. Die Skizzen machen keine Ansprüche auf Genauigkeit, sondern sollen blofs einen Begriff von der allgemeinen Lage und Gruppirung der Linien geben.

Die beiden ersten Reihen sind von Brom und Jod, also von einfachen Körpern erzeugt; die übrigen von Verbindungen, die zwar nur zwei Elemente enthalten, aber, sonder Zweifel, auf eine viel verwickeltere Weise angeordnet, als eine solche anscheinende Einfachheit erwarten läfst.

In No. 1, Fig. 7, sind, als Vergleichungspunkte, die hauptsächlichsten Sonnen-Linien abgebildet.

No. 2 giebt den allgemeinen Anblick der vom Jod erzeugten Linien. Das specifische Gewicht des Joddampfs ist 8,707. Die Linien bei ihm sind im orangefarbenen und gelben Theile am deutlichsten; und im grünen werden sie so zahlreich, dafs sie dieses verdunkeln. Diese Linien sind nicht scharf begränzt, sondern verlaufen sich in den helleren Räumen sehr allmälig [1]). In dem brechbareren Theil des Spectrums konnte ich sie nicht erkennen.

No. 3. *Bromdampf* zeigt Linien entsprechend denen des Joddampfs, doch weniger deutlich und kaum in dem Orange erkennbar. Das violette Ende des Spectrums ist gänzlich aufgefangen. Specifisches Gewicht 5,390.

No. 4. Einige der Hauptlinien im *untersalpetersauren Dampf*, NO_4, specifisch Gewicht 3,183; das Gas, in welchem 1 Vol. Stickgas und 2 Vol. Sauerstoff zu einem Volum verdichtet enthalten sind, hat eine tief Orangenfarbe.

1) Prof. Miller hat mich unterrichtet, dafs diese Streifen mit stark und scharf vergröfsernden Instrumenten sich deutlich als aus sehr feinen Linien zusammengesetzt erweisen, die an Zahl und Stärke nach dem mittleren und dunkleren Theil der Streifen zunehmen.

No. 5 zeigt einige der von der *Unterchlorsäure*, $Cl_2 O_8$, erzeugten Linien; sie sind hauptsächlich auf die blauen und indigfarbenen Räume beschränkt. Die Farbe des Gases ist ein helles Orange. Zwischen der Lage der Hauptgruppen in diesem und dem vorhergehenden Gase ist keine Correspondenz zu beobachten.

Es schien mir nun von grofsem Interesse zu ermitteln, ob die successiven Oxydationsstufen eines selben Körpers einen Einflufs auf das Spectrum haben möchten. Es boten sich zu dieser Untersuchung zwei Klassen von Körpern dar, nämlich die Oxyde des Chlors und die des Stickstoffs.

Dank den Untersuchungen vieler ausgezeichneten Männer, und besonders der HH. Millon und Pelouze in den letzten Jahren, sind wir jetzt im Stande diese Verbindungen des Chlors im Zustande der Reinheit darzustellen. Nachdem ich in dem aus chlorsauren Kali mit Schwefelsäure bereiteten Gase die Linien beobachtet (Taf. I, Fig. 7, No. 5), bereitete ich reine *chlorige Säure* aus chlorigsaurem Bleioxyd (PbO, ClO_3), mittelst Salpetersäure, wodurch man diese Säure (ClO_3) im Zustand der Reinheit erhält. Diefs Gas, in welchem 2 Vol. Chlor und 3 Vol. Sauerstoff zu 3 Volumen verdichtet sind, hat das specifische Gewicht 2,646. Bei prismatischer Zerlegung des von ihm durchgelassenen Lichts zeigte es ganz dieselbe Reihe von Linien (wie die Unterchlorsäure). Eine sehr geringe Menge chloriger Säure ertheilt einer sehr grofsen Masse Wasser eine hellgelbe Farbe. Da das Gas eine so ausgezeichnete Wirkung auf das Spectrum hat, so wurde ich veranlafst diese Lösung zu untersuchen, vermochte aber durchaus keine Linien in derselben zu entdecken. Die Flüssigkeit absorbirte alle brechbareren Strahlen gänzlich, und liefs jenseits der Mitte zwischen *E* und *F* kein Licht hindurch.

Ich bereitete nun *Unterchlorsäure* ($Cl_2 O_8$), frei von den immer dieselbe begleitenden Chlor und chloriger Säure, indem ich das Gas durch eine von einem Gemisch aus Eis und Salz umgebenen Röhre leitete. Bei dieser Temperatur wird allein die Unterchlorsäure verdichtet; die dunkel-

rothe Flüssigkeit, welche sie bildet, wurde in eine Röhre gebracht und daselbst verdampfen gelassen. Es entstand dieselbe Reihe von Linien. In diesem Gase, welches das specifische Gewicht 2,325 besitzt, sind 1 Vol. Chlor und 2 Vol. Sauerstoff zu 2 Volumen verdichtet.

Nächstdem ward *Euchlorin* untersucht. Diefs Gas ward bereitet aus einem Gemisch von Chlorwasserstoffsäure und chlorsaurem Kali, unter Verdichtung des Products durch eine Kältemischung wie zuvor. Millon giebt für diese Verbindung die sonderbare Formel $Cl_3 O_{13}$. Auch hier fand ich dieselbe Reihe von Linien. Nach Millon besteht die *Unterchlorsäure* aus gleichen Aequivalenten *Chlorsäure* und *chloriger Säure*, da sie bei Einwirkung von Alkalien sogleich in diese beiden Säuren zerfällt, und das *Euchlorin* betrachtet er als Chloro-Chlorsäure, wie er es zu nennen vorschlägt, oder eine Verbindung von 1 Aeq. ClO_3 und 2 Aeq. ClO_5, indem die Wirkung von Säuren sie augenblicklich so in diese beiden Säuren zerlegt. Das Vorkommen ähnlicher Linien in allen drei, eine so verschiedene Verdichtung ihrer Elemente zeigenden Verbindungen streitet sicher nicht gegen diese Ansicht, sondern erhöht deren Wahrscheinlichkeit.

Millon's Chloro-Ueberchlorsäure, welche aus der Einwirkung von Sonnenlicht auf chlorige Säure entspringt, habe ich bisher nicht im Zustande hinlänglicher Reinheit erhalten, um mich über sie aussprechen zu können.

Merkwürdig ist, dafs die *unterchlorige Säure* ($Cl_2 O_2$), obwohl von hell grünlichgelber Farbe, keine solche Linien liefert. Die Dichtigkeit dieses Gases ist 5,881. Zwei Vol. Chlor und ein Vol. Sauerstoff sind darin zu einem Volum verdichtet. Es ist interessant, dafs das farblose *Stickstoffoxydul*, welches 2 Vol. Stickstoff und 1 Vol. Sauerstoff zu 2 Vol. verdichtet enthält, und das specifische Gewicht 1,524 besitzt, ebenfalls keine sichtbare Wirkung auf das Spectrum ausübt.

Unter den Oxydationsstufen des Stickstoffs hat das *Stickstoffoxyd*, NO_2, welches aus 1 Vol. Stickstoff und 1 Vol.

Sauerstoff ohne Verdichtung besteht, ebenfalls ein farbloses Gas, auch keine Wirkung auf das Spectrum. Bis jetzt kennt man keine ihm entsprechende Oxydationsstufe des Chlors.

Untersalpetrige Säure habe ich nicht in hinlänglicher Reinheit dargestellt, um zuverlässige Resultate geben zu können.

Fig. 7, No. 6, zeigt die Gruppirung der Linien in dem durch Manganhyperchlorid-Dampf gegangenen Tageslicht. Bemerkenswerth ist, daſs in diesem Dampf, dessen Farbe grün ist, die Linien am zahlreichsten im grünen Theil des Spectrums sind. Die grüne Farbe des Dampfs entspringt hauptsächlich aus einer Mischung von blauen und gelben Strahlen. Das Manganhyperchlorid bereitet man am leichtesten, wenn man Vitriolöl, dem einige Krystalle von übermangansaurem Kali zugesetzt worden, auf ein Stück geschmolzenen Chlornatriums tröpfelt; augenblicklich entwikkelt sich grüner Dampf (Mn_2Cl_7), der jedoch durch die Feuchtigkeit der Luft rasch zersetzt wird.

Das *Manganhyperfluorid*, welches dem Hyperchlorid entspricht, liefert keine Linien; so wie aber in das Gemisch, aus welchem das Fluorid entwickelt worden, ein Stück geschmolzenen Kochsalzes geschüttet wird, machen sich die Linien des Hyperchlorids sichtbar. Wasser zersetzt sowohl das Hyperchlorid als das Hyperfluorid, und wenn man ein wenig desselben in die Röhre mit dem Hyperchlorid tröpfelt, verschwinden alle Linien sogleich.

Ich habe sehr viele andere Substanzen untersucht, deren Dämpfe farbig sind, aber in diesen mittelst des angewandten, freilich nicht sehr stark vergröſsernden Fernrohrs keine Linien entdecken können. Unter diesen waren

einfach:

Chlor, grünlichgelb, spec. Gewicht 2,47; daſs es keine Linien giebt, ist um so merkwürdiger, als sie doch beim Brom und Jod vorkommen. — *Schwefel*, gelb, spec. Gewicht 6,654. — *Selen*, gelb;

zusammengesetzt:

Selenige Säure (SeO_2), gelb. — *Unterchlorige Säure*

(Cl_2O_2), spec. Gewicht 2,993, gelb. — *Chromoxychlorid* $(CrClO_2)$, roth [1]. — *Wolframoxychlorid* $(WClO_2)$, roth. — *Wolframchlorid* (WCl_3), roth. — *Eisenchlorid* (Fe_2Cl_3), röthlichbraun. — *Manganhyperfluorid* (Mn_2Fl_7) grünlichgelb. — *Uebermangansäure* (Mn_2O_7) purpur; diefs zeigt sich sehr schön, wenn man einen Tropfen Wasser in eine Röhre voll Manganhyperchlorid-Dampf fallen läfst, da alle Linien sogleich verschwinden. — *Indigo* $(C_{16}H_5NO_2)$, prachtvoll karmoisinrother Dampf. — *Alizarin* $(C_{37}H_{12}O_{10})$, roth. Die beiden letzten Substanzen erfordern bei der Sublimation eine sorgfältige Behandlung, da sie leicht verkohlen, und, welche Sorgfalt man auch anwende, ein kleiner Theil immer zersetzt wird.

Bei den Versuchen mit farbigen Flammen gebrauchte ich gewöhnlich eine alkoholische Lösung der zu untersuchenden Substanz. Ein gewöhnlicher baumwollener Docht in einer kleinen Glasröhre bildete die Lampe, deren Flamme ich zu untersuchen wünschte. Diese kleine Lampe setzte ich vor den Schlitz, in einem zinnernen Kasten, dessen dem Schlitz zugewandte Seite beständig offen war, während die gegenüberliegende Seite eine Klappe hatte, die sich aus- und aufwärts öffnete, so dafs sie mittelst einer Schnur gehoben werden konnte, um Tageslicht hinzuzulassen, und durch ihr eigenes Gewicht sich schlofs, wenn man sie fallen liefs. Die Fraunhofer'schen Linien (Taf. I, Fig. 8, No. 7) dienten wieder zum Vergleich, der zwar nicht strenge genau war, aber für meinen Zweck hinreichte.

No. 8, Fig. 8, zeigt das merkwürdige Spectrum, welches solchergestalt eine Lösung von *Kupferchlorid* giebt. Es enthält mehre Intervalle absoluter Dunkelheit, unterbrochen durch helle Linien von grofser Intensität, besonders im Grün und Blau. Die allgemeine Farbe des diffusen Lichts ist ein bläuliches Grün.

1) Prof. Miller benachrichtigt mich, dafs er sich mittelst besserer Instrumente von dem Vorkommen von Linien in diesem Dampfe überzeugt habe.

No. 9, Fig. 8, zeigt das Spectrum des grünen Lichts der *Borsäure*, worin, aufser dem hellen Strich bei *D*, fünf wohl bezeichnete helle Streifen im Gelb und Grün, und eine schmale Linie im Indigo vorkommen.

No. 10, Fig. 8, ist das Spectrum vom *salpetersauren Strontian*, dessen rothe und orangenfarbene Theile besonders entwickelt sind, und von drei sehr starken schwarzen Linien durchkeuzt werden; im Blau bemerkt man eine helle Linie und im Indigo eine andere.

No. 11, Fig. 8, ist das vom *Chlornatrium*. Aufser den Linien im Orange enthält es einen sehr hellen Strich bei *D* und zwei helle Streifen im Gelb, so wie einen hellen Strich im Indigo.

No. 12, Fig. 8, ist endlich das Spectrum vom *Chlorbarium*. Es liegt in seinem Charakter zwischen denen vom Strontian und Kalk. Das Merkwürdigste bei demselben ist ein heller Strich im Orange, ein anderer im Gelb, und noch ein anderer im Indigo.

Selbst *Chlornatrium* zeigt, obgleich die Intensität des Lichts in dem hellen Streifen bei *D* angehäuft ist, eine sichtliche Neigung zum Auftreten von Streifen an anderen Stellen; ein deutliches, obwohl schwaches Licht erstreckt sich weit in's Indigo hinein, wo ein heller Strich es fast plötzlich endet.

Manganchlorid giebt Anzeigen von Streifen, obwohl schwache. Ich habe auch Lösungen von *Eisen*-, *Zink*-, *Kobalt*-, *Nickel*-, *Quecksilber*- und *Magnesiumchlorid* untersucht. Bei allen kommt in dem grünen Raum ein schwacher Streifen vor, wie er in den drei letzten Spectras angegeben ist. Diefs hängt wahrscheinlich mit der während der Verbrennung stattfindenden Chlorentwicklung zusammen. Das *Quecksilberchlorid* giebt bei *G* im Indigo einen hellen Strich.

Die Verbrennung von *Phosphor* an freier Luft giebt ein reines Spectrum ohne Linien. Ich versuchte sie in Chlor, erhielt aber kein sehr klares Spectrum, da die Flasche durch Ablagerung von Chlorid bald trübe wurde.

Eine andere Lichtquelle lieferte mir das Glühen verschiedener Substanzen vor dem Knallgasgebläse. Das direct auf das Prisma geleitete Licht war zu intensiv für das Auge, um es ertragen zu können. Ich fing es daher mit einem Stück weifsen Papiers auf, und benutzte das von diesem diffuse reflectirte Licht.

Holzkohle gab solchergestalt ein Spectrum, das mitten zwischen *D* und *E* einen sehr dünnen (*short*) hellen Strich enthielt. Derselbe Strich fand sich, wenn die Flamme des Gebläses auf gebrannten *Alaun* geleitet ward.

Kalk und *Strontian* gaben ähnliche Resultate, wie man mit den Flammen ihrer alkoholischen Lösungen erhält, doch nicht ganz so wohl ausgebildet.

Zink, *Eisen*, *Stahl* und *Platin* gaben glänzende Spectra, doch keine Linien aufser denen bei D. *Kupfer*, *Blei* und *Antimon* schmolzen, ohne hinreichendes Licht zur Anstellung einer genügenden Beobachtung zu liefern.

In Bezug auf die Speculationen über die absorbirende Wirkung der Atmosphäre der Sonne kann die Bemerkung von Interesse seyn, dafs wenn Sonnenlicht durch eine Flamme geleitet wird, welche ausgebildete schwarze Linien zeigt, diese Linien auch in dem zusammengesetzten Spectrum zum Vorschein kommen, sobald nur nicht das Sonnenlicht zu intensiv gegen das der farbigen Flamme ist. Diefs ist sichtbar beim rothen Licht des salpetersauren Strontians, und weniger vollkommen bei dem grünen des Kupferchlorids. Es scheint daher leuchtende Atmosphären zu geben, in welchen nicht nur gewisse Strahlen fehlen, sondern welche auch eine positive Absorptionswirkung auf andere Lichter ausüben.

Es war meine Absicht, eine vergleichende Reihe von Versuchen mit dem Licht der durch die Volta'sche Batterie in's Glühen vesetzten Metalle anzustellen, habe es aber unterlassen, da ich erfahren, dafs mein Freund und Kollege Wheatstone diesen Gegenstand mit seiner gewohnten Geschicklichkeit und Genauigkeit in Untersuchung genommen hat.

VI. *Einige Bemerkungen zu Hrn. Prof. J. Müller's optischen Versuchen* [1]*; von A. Erman.*

Es beruht wohl nur auf einem Schreibfehler, dafs Hr. Prof. Müller die erste Eintrittsspalte die er benutzte, um die Fraunhofer'schen Linien darzustellen und sie auf einen Papierschirm zu projiciren, durch das Beiwort „*eine breite*" bezeichnet, und dafs er dann von der zweiten, durch welche das Licht hindurchging, nachdem es das Prisma passirt hatte, nur angiebt sie sey *noch breiter als die erste* gewesen. Was aber dann überhaupt die in jenem Aufsatze, für Versuche über die Refractionsindices, vorgeschlagene Substitution eines getheilten Schirms anstatt eines optischen Theodoliten betrifft, so geht aus Hrn. Müller's Zahlenresultaten eben so deutlich wie aus der Natur der Sache hervor, dafs man dadurch an Genauigkeit des zu Leistenden bedeutend einbüfst. Namentlich dann, wenn man, wie der Hr. Verfasser, nicht einmal die Neigung des Schirmes gegen *einen* der auf ihn auffallenden Strahlen angiebt, durch deren Veränderlichkeit doch vielleicht die starke Incongruenz seiner einzelnen Versuchsreihen zu erklären gewesen wäre.

In seinem zweiten Aufsatze, über diejenigen Streifen oder Linien im Spectrum die durch Interferenz entstehen, äufsert Hr. Prof. Müller, dafs die Beobachtungsart mit einem Papierschirm, der von mir angewandten mit einem Theodolitenfernrohr, deswegen vorzuziehen sey, weil man bei ersterer *alle* Streifen oder Linien im Spectrum zugleich vor Augen habe, bei der zweiten aber dieselben nur *nach einander* sähe.

Diese Behauptung ist mir deswegen nicht verständlich, weil 1) trotz der gleichzeitigen Sichtbarkeit, man, überall, wo es sich um *Messungen* handelt, doch nicht unterlassen wird sich nur mit einem Streifen nach dem anderen, nicht

1) Diese Annalen, Bd. 69, S. 93 und 98.

aber mit mehreren oder gar mit allen zugleich zu beschäftigen, und weil mir 2) in dieser *successiven* Beobachtung der einzelnen Streifen nicht der geringste Nachtheil zu liegen scheint, in sofern man nur, was sich von selbst versteht, für die nöthige Festigkeit des Apparates gesorgt und dieselbe, durch Wiederholung der auf einerlei Punkt des Spectrums bezüglichen Ablesungen controlirt hat. Außerdem hat ja aber selbst Derjenige, welcher auf die gleichzeitige Sichtbarkeit einen Werth legt, dessen Grund mir nicht einleuchtet, bei Anwendung eines Münchener Theodoliten-Fernrohrs die Beruhigung: dafs er von $\frac{1}{2}$ bis zu $\frac{2}{3}$ der gesammten in Betracht kommenden Ausdehnung des Spectrums in demselben gleichzeitig erblickt. — Da wo Herr Prof. Müller auf die, wie er selbst sagt, höchst einfache und in früheren Abhandlungen, wie mich dünkt, deutlich ausgesprochene, Theorie der durch Interferenz entstehenden Streifen im Spectrum zu sprechen kommt, sagt er (a. a. O. S. 105): „*Die Brechungsexponenten der verschiedenfarbigen Strahlen sind bekanntlich nicht dem umgekehrten Verhältnifs der entsprechenden Brechungsexponenten proportional*“ — und es gelingt mir nicht, trotz dessen Einführung durch das Wort „*bekanntlich*“ irgend einen Sinn in diesem Satze zu finden. Es scheint indessen als habe derselbe mit dem eigentlichen Inhalte von Hrn. Müller's Aufsatz nichts wesentliches gemein, und als liefse sich daher dieser Inhalt unabhängig von jenem Satze in Betrachtung ziehen. Hr. Prof. Müller äufsert nämlich bald darauf, dafs sich die Abstände (Winkelabstände) der durch Interferenz entstandenen Linien oder Streifen im Spectrum *nur durch Versuche finden lassen.* Hätte er zu mehrerer Deutlichkeit hinzugefügt: in dem Fall wo man entweder das zu deren Erzeugung gebrauchte Prisma zum ersten Male bei den Messungen über ein analoges Phänomen anwendet, oder noch nicht weifs durch welchen Gangunterschied (Retardationsintervall) die eben zu untersuchenden Linien oder Streifen entstanden sind, so wäre gegen diese Behauptung nicht das Mindeste einzuwenden. Sobald hingegen jene beiden Data

vorhanden sind, und das zweite von ihnen namentlich durch *irgend eine* der dahin führenden Messungen, so lassen sich natürlich die Winkelabstände aller einzelnen Streifen (wenn sie wirklich durch Interferenz entstanden sind) auf's schärfste vorausberechnen. Die Abhängigkeit oder das Gesetz zwischen diesen einzelnen Abständen ist dann *eo ipso* etwas völlig Gegebenes — welches aber auf eben so unzählige Weisen verschieden ausfallen kann als die Substanzen unzählig sind, aus denen sich Prismen verfertigen lassen. Hrn. Müller's Behauptung, dafs die *geometrische Reihe*, welche ihm in einem bestimmten Falle eine erträgliche Annäherung an jenes Gesetz gewährt hat, auch in den übrigen Fällen passen werde: weil er sie ja *durch reine Erfahrung* gefunden habe, scheint mir demnach durchaus nicht haltbar. Auch wird der Hr. Verfasser bei näherer Ueberlegung leicht finden, dafs jene Behauptung mit derjenigen einfachen Theorie der Interferenzstreifen die er selbst in seinem Aufsatze anerkannt hat, im directesten Widerspruche ist. Man hat sich, um diefs zu bemerken, nur zu erinnern, dafs der Ausdruck der die Wellenlängen mit den Ablenkungen verbindet welche die ihnen entsprechenden Strahlen erleiden, für jedes individuelle Prisma ein ganz anderer ist, auch wird man dann wohl, zu näherer Einsicht, irgend so etwas wie diejenige algebraische Bezeichnung anwenden, welche Hr. Prof. Müller einen unnützen Aufwand von mathematischem Apparat genannt hat. Setzt man z. B., so wie ich es in diesen Annalen, Bd. 63, S. 538, gethan habe, die zu einer bestimmten Ablenkung $D+w$ gehörige *Wellenlänge* $=\lambda$ und für $w=0$, $\lambda=L$, so ist allgemein nur $\lambda=L[1+\alpha . w+\beta w^2+\ldots.]$ anzunehmen, woraus dann folgt, dafs, wenn die Wellenlänge L, $2n+1$ Mal in dem Doppelten des Verspätungsintervalles, welches die Streifen erzeugt, enthalten ist, und wenn v die Ordnungszahl des Streifens ist, für welchen die Ablenkung w beträgt:

$$(2n+1)-(2n+2v+1)(1+\alpha w+\beta w^2+\ldots..)=0$$

stattfinden werde. Setzt man hierin für v successiv: 0, 1,

2, 3.... und löst nach w auf, so ergeben sich für w successiv Werthe: 0, w', w'', w'''...., von denen sich keineswegs behaupten läfst, dafs ihre Differenzen eine geometrische Reihe bilden. Diefs ist es doch aber was Hr. Prof. Müller *nicht blofs in einem bestimmten Falle gefunden haben, sondern auch als eine allgemeine Regel betrachtet wissen will.* Wir wollen beispielsweise noch speciell das Vorkommen der möglichst einfachen Umstände voraussetzen, indem wir annehmen, dafs für das angewandte Prisma nur α allein einen merklichen negativen Werth habe, dagegen aber $\beta = 0$ sey, eben so wie die Coëfficienten der 3ten und höheren Potenzen von w. Es wird dann, wenn man der Kürze halber $-\frac{2}{\alpha} = \varrho$ schreibt:

$$w' = \frac{\varrho}{2n+3}, \quad w'' = \frac{2\varrho}{2n+5}, \quad w''' = \frac{3\varrho}{2n+7} \; \ldots\ldots \; w^{(m)} = \frac{m\varrho}{2n+2m+1}$$

und die successiven Quotienten ihrer Intervalle:

$$\frac{2n+1}{2n+5}, \; \frac{2n+3}{2n+7}, \; \frac{2n+5}{2n+9} \; \ldots\ldots \; \frac{2n+2m-1}{2n+2m+3},$$

welche von der behaupteten *Gleichheit* deutlichst entfernt sind. Sie sind es aber in den von Hrn. Müller vorzugsweise untersuchten Fällen von *kleinen* Verspätungsintervallen, d. h. eines *kleinen* Werthes von n, offenbar gerade am entschiedensten. So sey z. B. $n = 3$: man erhielte dann für jene *angeblich einander gleichen* Quotienten die deutlich genug verschiedenen Werthe: 0,6364 ; 0,6923 ; 0,7333; 0,7647.... Bei Anwendung von irgend einem der mir in der Praxis bisher vorgekommenen Prismen würde aber diese Verschiedenheit deswegen noch etwas merklicher geworden seyn als bei dem hier *fingirten*, weil für dieselben der Coëfficient β keineswegs unmerklich war, sondern zur successiven Vergröfserung des, bisher *constant vorausgesetzten* Werthes von ϱ beitrug.

VII. *Ueber den Vergleich der elektrischen mit den galvanischen Formeln;* *von K. W. Knochenhauer.*

In den *Annales de chimie* habe ich vor kurzem eine Zusammenstellung der von mir bisher in diesen Annalen mitgetheilten Versuche gegeben, weil mir eine Ueberarbeitung derselben um so nothwendiger erschien, als die Folge, in der sie ursprünglich mitgetheilt waren, die Kenntnifsnahme derselben erschweren mufste. Aus dieser Abhandlung hebt Hr. Riefs in einer Anmerkung zu S. 153, Bd. 69 dies. Ann., eine Stelle hervor, um ein Beispiel der Verwirrung zu geben, die in meiner Vergleichung der elektrischen mit den galvanischen Formeln liege. Ich habe hierauf die Stelle (im Manuscript) nachgesehen, und finde in der That, dafs ein Mifsverständnifs entstehen kann, jedoch nur dann, wenn man die Worte nach einer mir fremden Ansicht interpretirt; um demnach der Sache förderlich zu seyn, will ich die Differenzpunkte zwischen den verschiedenen Ansichten bestimmter hervorheben und damit den Sinn meiner Worte erläutern.

Als ich meine Untersuchungen über die auf einem verzweigten Schliefsungsdrahte frei werdende Wärme geschlossen hatte und eine Verbindung der gefundenen Formeln mit den galvanischen suchte, war es natürlich, dafs ich die von Hrn. Riefs für den einfachen Schliefsungsdraht aufgestellte Formel, deren Richtigkeit ich anerkannte, zugleich mit in Betrachtung zog, sie aber nur so aufnahm, als sie der Ausdruck seiner Beobachtungen war. Derselbe hatte zu seinen Versuchen die Ladung der Batterie nach den Selbstentladungen der Lane'schen Flasche bestimmt und deren Zahl mit q bezeichnet, ferner hatte er die Anzahl der gleichen Flaschen variirt und ihre Zahl durch s ausgedrückt; die für die Wärme gefundene Formel war $\Theta = \frac{\alpha \frac{q^2}{s}}{w}$, wo α

eine Constante und w den Widerstand des Schliefsungsdrahtes ausdrückt. Ich nahm also diese Formel zunächst als Function von q und s an. Hr. Riefs indefs bildete weiter aus dem Quotienten $\frac{q}{s}$ eine neue Gröfse, die er Dichtigkeit nannte, behauptet nun, dafs er eine Wärmeformel für beliebige Werthe der Elektricitätsmenge in der Batterie und der Dichtigkeit derselben gegeben habe, und tadelt an meiner Auffassung, dafs ich diese beiden Elemente nicht auch aufgenommen, also Θ nicht als Function von q und $\frac{q}{s}$ betrachtet habe. Der Verbindung von q und s zu $\frac{q}{s}$ liegt aber offenbar eine theoretische Ansicht zum Grunde; sie sagt aus, dafs die in die Batterie eingeführte Elektricitätsmenge sich darin entweder durch Ueberlagerung verschiedener Schichten oder durch Compression verdichtet habe, und läfst aus dieser Verdichtung einen Theil der wirkenden Kraft entspringen, den andern aus der Elektricitätsmenge; sie sieht also ferner die Flaschenzahl s nicht mehr als ein wirksames Moment an. Nimmt man die beiden Ausdrücke Dichtigkeit und Quantität zusammen, so mufs man nach dem gewöhnlichen Wortsinne die Elektricität als Materie auffassen, da sie durch die die Wirkung constituirenden Elemente an die Luft oder an das Wasser angeschlossen wird. Ich für meinen Theil bin indefs bei allen meinen Versuchen von der Ansicht ausgegangen, dafs die Elektricität keine Materie sey; man nenne diefs immerhin eine vorgefafste Meinung, ich kann es nicht bestreiten, dafs ich für dieselbe bis jetzt keinen positiven Beweis habe; allein zu neuen Untersuchungen kann man ohne eine vorgefafste Meinung nicht kommen, sie leitet uns, und wir haben uns nur zu hüten, dafs sie uns bei unseren Beobachtungen nicht verleite. Das Letzte habe ich vermieden so weit ich konnte; ich habe meine Beobachtungen überall ausführlich dargelegt, ich erwarte, dafs man sie durch Versuche prüfe, und, wenn sie richtig befunden werden, nach

einer andern oder meiner Ansicht aufnehme. Ich bin also von der Ansicht ausgegangen, dafs die Elektricität keine Materie sey, und es wäre demnach, wie es scheint, passend gewesen, neue Ausdrücke zu bilden, die dem wahren Wesen der Elektricität entsprächen. Allein diefs Wesen der Elektricität war und ist mir noch unbekannt; ich konnte mich also nicht entschliefsen bis auf das Wort »Spannung« neue Ausdrücke zu wählen, und behielt lieber die alten Bezeichnungen bei, glaubend, dafs man mehr die Sache als den Ausdruck in's Auge fassen werde. Ich unterscheide aber eine doppelte Art von Spannung, eine freie und, wenn anders der Ausdruck passend seyn wird, eine gebundene Spannung. Die erste besitzt die Elektricität, wenn sie auf einer isolirten Fläche vertheilt ist, ohne dafs ein anderer Leiter sich in ihrer Nähe befindet; die zweite in der Batterie, wo eine Bindung auf der inneren und äufseren Seite stattfindet, und wo auf der inneren auch freie Spannung übrig bleibt. Setzen wir nun einen Leiter, auf dem die Elektricität eine bestimmte Spannung hat, mit dem Inneren einer nicht isolirten Batterie in Verbindung, so geht ein Theil seiner Elektricität in die gebundene Spannung über, und es bleibt nur eine geringe freie Spannung zurück; beim Wiederholen derselben Operation gelangt endlich die ganze Batterie zu einer so hohen freien Spannung, wie es die ursprüngliche Spannung des Leiters gestattet. In der Regel kann man hierbei die freie Spannung der Batterie als Maafs der gebundenen ansehen, doch giebt es auch Ausnahmen, wie ich später einmal zeigen werde. Die gesammte Spannung der Batterie bestimmt man aber am besten, wie es Hr. Riefs gethan hat, durch die Selbstentladung einer Lane'schen Flasche, die mit dem Aeufsern der isolirten Batterie in Verbindung steht, und die die dort frei werdende Elektricität in sich aufnimmt. Nur hüte man sich in dieser Maafsbestimmung eine Bestätigung der Ansicht zu finden, dafs die Elektricität eine Materie ist; denn ist die Elektricität nichts anderes als der irgendwie gespannte Zustand der Theilchen eines Leiters, und verwandelt sich diese

Spannung in der Flasche durch Trennung zweier Leiter durch einen Nichtleiter in eine andere Form, die das Auftreten der freien Spannung beschränkt, so hat die Lane'sche Flasche diese Operation nur in gröſserer Zahl durchgemacht, und giebt in eben dieser Zahl q die Stärke der Spannung an, auf welche die Batterie gebracht ist. Setzen wir hierauf die Batterie aus einer anderen Zahl Flaschen zusammen, so geht die Spannung auf alle über, vermindert sich aber in demselben Grade, als die Flaschenzahl s wächst, so daſs die Spannung überhaupt proportional zu $\frac{q}{s}$. Ich setze demnach ebenfalls drei den elektrischen Formeln zum Grunde liegende Gröſsen an q, s und $\frac{q}{s}$, sehe aber von diesen Gröſsen q nur als einen Ausfluſs aus den die Kraft constituirenden Elementen $\frac{q}{s}$ und s an, und betrachte demnach alle elektrischen Formeln als Functionen von $\frac{q}{s}$ und s, nicht mit Hrn. Rieſs als Functionen von $\frac{q}{s}$ und q. Hiernach fasse ich nun die Formel $\Theta = \frac{\alpha \frac{q^2}{s}}{w}$ als entstanden aus $\alpha \left(\frac{\frac{q}{s}}{w} \right)^2 t$ auf, in der t die Zeit der Entladung bezeichnet. Von diesem t sage ich aber in der citirten Abhandlung, daſs es 1) mit w, 2) mit s proportional, 3) von $\frac{q}{s}$ unabhängig sey, also überhaupt proportional zu s, w. Herr Rieſs nimmt meinen zweiten Punkt so, als wäre bei $\frac{q}{s} = const.$ t zu s, also auch zu q proportional, und folgert dann richtig, daſs ich im dritten Punkte hätte sagen müssen, daſs t umgekehrt proportional zu $\frac{q}{s}$ sey, damit es,

wie ich will, proportional zu s werde. Ich habe aber im zweiten Punkte behauptet, dafs bei $\frac{q}{s}=const.$ t proportional zu q, also auch zu s ist; da ich q nicht als wirkendes Element anerkenne, und behaupte dann nach meiner Weise sicher auch richtig, dafs t von $\frac{q}{s}$ unabhängig bleibt. Denn wenn $\frac{q}{s}=const.$, so ist q proportional zu s; wer also Θ als Function von q und $\frac{q}{s}$ ansieht, folgert t proportional zu q und umgekehrt proportional zu $\frac{q}{s}$; wer dagegen Θ, wie ich, als Function von s und $\frac{q}{s}$ ansieht, schliefst t proportional zu s und unabhängig von $\frac{q}{s}$. Beide Schlufsfolgen führen zu demselben Resultate, nämlich dafs t proportional zu s ist, die eine nimmt nur das Wesen der Elektricität anders als die andere, und natürlich sieht die eine die Schlufsfolgerung der andern als verwirrt an. So viel über diesen Punkt. — Ferner habe ich in meiner Vergleichung den Factor $\frac{\frac{q}{s}}{w}$ unter dem Namen Intensität i auf die Stromstärke bezogen, die die Batterie zeigen würde, wenn man den Strom mit einer Magnetnadel wie den galvanischen untersuchte; ich habe dabei bemerkt, dafs beide Ströme unter gleichen Bedingungen wirken müssen, also wenn die Nadel mit dem galvanischen Strom sich in's Gleichgewicht setzt, müsse auch der elektrische Strom so lange währen, bis dieses Gleichgewicht hergestellt ist. Nun zeigen aber die Versuche des Hrn. Riefs (Bd. 67, S. 535), dafs der elektrische Strom von zu kurzer Zeitdauer ist, als dafs sich dieses Gleichgewicht herstellen könne, vielmehr ist die Ablenkung der Nadel hier proportional zu it, oder, da t proportional zu sw, auch proportional zu q. Diese

Versuche können demnach meiner Vergleichung gar nicht entgegenstehen.

Meiningen, den 21. August 1846.

VIII. *Ueber die Entladungszeit der elektrischen Batterie; von P. Riefs.*

Bei der Aufstellung von Wärmeformeln für die elektrische Entladung liefs ich mich durch eine Vorstellung leiten, die ich als eine wahrscheinliche häufig angeführt und dazu benutzt habe, einen kurzen wörtlichen Ausdruck für die Resultate der Beobachtung zu gewinnen. Sind auch meine Formeln, als nur empirisch bestimmte Elemente enthaltend, von dieser Vorstellung durchaus unabhängig, so mag es doch eine Erwähnung verdienen, dafs dieselbe durch neuere Versuche eine Bestätigung erhalten hat. Ich habe vor acht Jahren, als ich den Einflufs der Länge des Schliefsungsdrahts auf die Erwärmung untersuchte, den gefundenen algebraischen Ausdruck ausgesprochen, und danach wörtlich und typisch den Satz hervorgehoben: *diese Dauer* (der Entladung der elektrischen Batterie) *wird durch Verlängerung des Schliefsungsdrahtes um eine Zeit verzögert, welche der zugesetzten Drahtlänge direct proportional ist* (dies. Annalen, Bd. 43, S. 69). Von diesem Satze habe ich später Anlafs genommen, das Product der Länge eines Drahtes in eine für sein Metall geltende Constante, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers, mit dem Namen *Verzögerungswerth* zu belegen. — Ueber den Einflufs verschieden langer Metalldrähte auf die Entladungszeit haben wir bis jetzt keine Versuche erhalten, wohl aber in Bezug auf Drähte aus anderem Stoffe. W. Weber hat die Entladungszeit einer constant geladenen Batterie zu bestimmen gesucht (Abhandlungen bei Begründung d. sächs. Ges. d. Wiss., S. 295), die durch verschiedene Längen einer nassen Hanfschnur geschlossen war, und gefunden:

Länge der Schnur.	Dauer der Entladung.
2000 Millimeter	0,0851 Secunde
1000 -	0,0345 -
500 -	0,0187 -
250 -	0,0095 -

Die ganze Entladungszeit ist hier der zugesetzten Schnurlänge ersichtlich proportional, was mit dem oben angeführten Satze genau übereinkommt, da die Entladungszeit durch den übrigen, metallischen, Schliefsungsbogen dagegen als verschwindend klein betrachtet werden mufs.

Die Annahme über den Ausdruck der Entladungszeit ist einer ferneren Prüfung zugänglich. In meiner vollständigen Wärmeformel für den einfachen Schliefsungsbogen $W = \frac{a\mathrm{V}}{1+\mathrm{b}V} \cdot \frac{q^2}{s}$ [1]) soll der Nenner die Entladungszeit ausdrücken; mit dieser Annahme erhält diese Formel eine überraschende Aehnlichkeit mit dem Ausdrucke, den Weber für die Wirkung des Schliefsungsdrahtes auf einen beweglichen Theil desselben Drahtes entwickelt hat. Dieser Ausdruck heifst, wenn ε die Ablenkung des beweglichen Theils durch den festen, i die Intensität des Entladungsstroms, θ die Dauer desselben bezeichnet:

$$\varepsilon = A i^2 \theta$$

(Abhandlungen etc. S. 288). Setzt man für die Intensität die in der Zeiteinheit durch jeden Querschnitt des Schliefsungsdrahtes gehende Elektricitätsmenge, also, wenn q die in der Batterie befindliche Menge bedeutet, $i = \frac{q}{\theta}$, ferner nach der früheren Annahme $\theta = (1+\mathrm{b}V)s$, so kommt

$$\varepsilon = \frac{A}{1+\mathrm{b}V} \cdot \frac{q^2}{s}.$$

Die Abhängigkeit der elektrodynamischen Ablenkung von

1) W bedeutet die erregte Wärmemenge in dem Drahtstücke, dessen Verzögerungswerth V ist, V den Verzögerungswerth des zum Schliefsungsbogen hinzugesetzten Drahtes, q die Elektricitätsmenge und s die Dichtigkeit derselben in der Batterie (dies. Annalen, Bd. 45, S. 23; Bd. 63, S. 504).

dem ersten Factor der Gleichung ist (in sofern der Verzögerungswerth V nur durch die Länge des Schliefsungsdrahts verändert wird) durch die obigen Versuche bestätigt, und es wäre sehr wünschenswerth, dafs auch die Abhängigkeit derselben von dem zweiten Factor, durch Aenderung der Flaschenzahl der Batterie und der Elektricitätsmenge, geprüft würde. Die vollständige Bestätigung dieser Formel würde das merkwürdige Resultat geben:

Die Winkelgeschwindigkeit, die ein beweglicher Theil des Schliefsungsdrahts durch einen festen Theil desselben bei der Entladung erhält, hängt von der Beschaffenheit des ganzen Schliefsungsbogens, von der Elektricitätsmenge und der Dichtigkeit derselben in der Batterie nach demselben Gesetze ab, wie die durch die Entladung in einem constanten Drahtstücke des Bogens erregte Wärmemenge.

IX. *Sehr starke Magnete aus weichem Eisen ohne Hülfe elektrischer Ströme.*

Um diese darzustellen, empfiehlt Hr. Babinet folgendes Verfahren. Man nehme einen Stab von sehr weichem Eisen, 4 bis 5 Decimeter lang, 5 bis 6 Millimeter dick und 15 bis 20 Millimeter breit, und lege an das eine Ende desselben erstlich in der Verlängerung einen Magnetstab von gleichen Querdimensionen, aber nur von 15 bis 20 Centimeter Länge, und dann an jeder Seite desselben zwölf ähnliche Magnete, so dafs also in Summe 25 Magnete mit gleichen Polen auf das eine Ende des Stabes einwirken. Die Polarität, die hiedurch das andere Ende des Stabes erlangt, soll sehr stark seyn, so dafs sie, nach Hrn. Babinet's Meinung, zur Darstellung der kürzlich von Hrn. Faraday entdeckten Erscheinungen angewandt werden kann. (*Compt. rend. T. XXII, p.* 191. Auszug.)

X. *Neue Mineralien; von August Breithaupt.*

1. Manganocalcit.

Im Herbste 1844 sah ich zu Wien den *faserigen Braunspath* Werner's so ausgezeichnet wie nie, und fand dabei, dafs er ganz die prismatische und brachydiagonale Spaltbarkeit wie Aragon besitze. Ich nahm hier in Freiberg die nähere Untersuchung vor, und die äufseren Kennzeichen sind folgende:

Glasglanz.

Farbe, fleischroth bis dunkel röthlichweifs. Strich farblos. Durchscheinend.

Nierenförmige Gestalt mit rauher oder drusiger Oberfläche, im Innern aus radial laufenden, stänglig zusammengesetzten Stücken bestehend. Je dicker die Stängel sind, um so lebhafter erscheint der Glanz, und um so mehr tritt die laterale Spaltbarkeit hervor, jedoch nicht so deutlich, um Messungen vornehmen zu können. Der Manganocalcit spaltet aber immer noch etwas deutlicher als Aragon, und ungefähr so, wie der ähnlich struirte Witherit. Die brachydiagonale Richtung ist die deutlichste. Werden die Stängel sehr dünn, dann resultirt faseriges Ansehen.

Die Härte ist $5\frac{1}{4}$ bis 6.

Das specifische Gewicht fand ich $=3,037$, und somit noch höher als das des kohlensaures bleioxydhaltigen aragonähnlichen Körpers, welchen ich Tarnovizit genannt habe.

Nach allen diesen Kennzeichen mufste ich den Manganocalcit in dasjenige Genus unterbringen, welches die Aragone, den Tarnovizit, den Strontian, den Witherit und das Weifsbleierz vereinigt, und ich wählte den obigen populären Namen dafür, weil ich mich durch vorläufige Untersuchungen davon überzeugt hatte, dafs das Mineral aus koh-

lensaurer Kalkerde mit einem sehr namhaften Gehalte an kohlensaurem Manganoxydul bestehe. In jenem Genus Hemiloëdrites führt er den Beinamen Manganocalcarius [1]).

Das neubestimmte Mineral findet sich zu Schemnitz in Ungarn, begleitet von Quarz, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies etc.

2. Triteïtes Plinianus, kürzer Plinian.

Vor längerer Zeit durchsah ich die Sammlung des hier studirt habenden Hrn. von Wattenwyl aus der Schweiz und fand auf einem Bergkrystalle vom *St. Gotthard* ein Mineral aufsitzend, das, wie die Etiquette besagte, »Arsenikkies vom St. Gotthard« seyn sollte. Ich erkannte sofort aus dem ganz deutlichen hemiëdrischen Charakter der rhombischen Krystallisation, dafs wenn auch das Mineral viele Aehnlichkeit mit anderen Arsenkiesen besitze, es doch etwas ganz Neues sey. Hr. von Wattenwyl vergönnte mir, einige Krystalle zur Untersuchung abzubrechen. Ich erinnerte mich bald auch an einen ähnlichen Körper von *Ehrenfriedersdorf* in Sachsen, und überzeugte mich, dafs beide identisch seyen. Die Königl. Naturaliengallerie im Zwinger in Dresden besitzt von letzterem vier Drusen, von denen zwei sehr ausgezeichnet sind, und Quarz, Zinnerz, Wolfram, Gilbertit und Apatit sind Begleiter.

Der Glanz ist metallisch und die Farbe zinnweifs, — hiernach keine Verschiedenheit von den gemeinen Arsenkiesen oder Mispickel.

Primärform: Hemidomatisches Prisma erster Art, $+P\breve{\infty}(P)$ $=51^\circ\,36'$ gegen die Hauptaxe; $\infty P(i)=61^\circ\,30'$, d. h. i auf i über M.

Andere vorkommende Gestalten sind:

$$h=+\breve{P}\tfrac{5}{3}\;;\;0=-2\bar{P}3\;;\;M=\infty P\breve{\infty}.$$

1) Die Analyse dieses interessanten Minerals, welches zum Manganspath in derselben Beziehung steht wie der Arragonit zum Kalkspath, ist bereits in diesen Annalen, Bd. 68, S. 511, vom Prof. C. Rammelsberg mitgetheilt worden. P.

Winkelbestimmungen sind, gemessen * und berechnet, folgende:

M auf h = 134° 20′ *		P auf h = 146° 0′
o - h = 115 55 *		P - M = 51 36
o - i = 117 33		h - h = 119 0
o - M = 103 15 *		i - i = 118 30

der ebne Winkel x beträgt 89° 36′.

Polkante von hh gegen die Hauptaxe = 35° 48′
- - hh - - Fläche P = 164 12
- - hh - - - M = 144 12.

Hierzu die beiden Figuren 6 und 7, Taf. III. Die Combinationskanten von P, h, i, o sind parallel. Bei Fig. 6 verschwindet manchmal P ganz, und die hintere Hemipyramide o ist dagegen gröſser ausgedehnt. Bei Fig. 7 verschwindet i ganz und es erscheint die Fläche M auch noch gröſser, wodurch der Krystall dünn tafelartig wird. Dieselbe Fläche ist gewöhnlich parallel den Combinationskanten, welche sie mit der vorderen Hemipyramide h macht, gekerbt. Die Spiegelung der Flächen ist so gering, daſs ich die Winkelbestimmungen nur Abends mit dem Lichtbilde vornehmen konnte. Das Hemidoma P glänzt jedoch zuweilen lebhaft.

Höchst auszeichnend und charakteristisch ist die Spaltbarkeit, nämlich vollkommen bis deutlich nach dem Hemidoma P und nach der Brachydiagonale M, doch ist jene Spaltungsrichtung leichter zu erhalten. Beide Richtungen schneiden sich unter 128° 24′. Die Spaltbarkeit ist viel deutlicher als bei allen mir bekannten gemeinen Arsenkiesen, und selbst in derben Massen läſst sie einen Unterschied von diesen finden.

Die Härte beträgt $7\frac{1}{4}$ bis 8, also etwas weniger als Adular, und das specifische Gewicht:

6,272 }
6,281 } Krystalle vom St. Gotthard
6,292 }
6,299 }
6,307 } Krystalle von Ehrenfriedersdorf
6,467 derbe Masse, ebendaher.

Der Unterschied von den eigentlichen Arsenkiesen liegt mithin in der ganz abweichenden Krystallisation und Spaltbarkeit und in dem höheren Gewichte; denn, abgerechnet den skandinavischen Kobaltarsenkies, habe ich von jenen 6,183 als höchstes Gewicht erhalten.

Noch kann ich Zinnwald an der böhmisch-sächsischen Gränze als Fundort anführen. Ein ähnlich in dünnen Tafeln, aber undeutlich krystallisirter Kies ist in dem Marx Semmler Stolln im Felde von Bergkappe zu Schneeberg vorgekommen.

Das neue Mineral nenne ich *Triteites Plinianus*, kürzer *Plinian*, um damit das Andenken an den altklassischen Naturhistoriker Plinius zu ehren. Eine solche Benennung wird nicht in die Kategorie leerer Complimente gerechnet werden. Der Genus-Name Triteites erhält unten seine Erklärung.

Dafs das als selbstständig erkannte Mineral aus Eisen, Arsen und Schwefel bestehe, hatte ich alsbald vor dem Löthrohre erkannt. Hr. Prof. Plattner hatte die Güte, eine Analyse des Minerals, und zwar in der Abänderung vom St. Gotthard vorzunehmen. Er theilte mir darüber Folgendes mit:

»Vor dem Löthrohre verhält sich der Plinian ganz wie Arsenkies, Mispickel.

Das fein gepulverte Mineral, auf nassem Wege und in bekannter Methode zerlegt, gab:

20,07 Schwefel
34,46 Eisen
45,46 Arsen.

Diese Bestandtheile stimmen mit denen der von Stromeier, Thomson und Chevreul analysirten Arsenkiese sehr nahe überein, so wie auch mit der von Berzelius für das Mineral aufgestellten Formel $FeS^2 + FeAs^2$, welche erfordert:

33,57 Eisen
46,53 Arsen
19,90 Schwefel.«

Da nun der Plinian wesentlich andere Krystallisation und

und Spaltbarkeit besitzt als die gemeinen Arsenkiese, welche holoëdrisch-rhombisch mit prismatischer Spaltbarkeit krystallisiren, so ist hiermit die *Dimorphie* des $FeS^2 + FeAs^2$, d. i. der Substanz des Doppelschwefeleisens mit Doppelarseneisen entschieden nachgewiesen. Doch wie in anderen Fällen, so liegt auch hier die Differenz der dimorphen Körper nicht lediglich in der Krystallisation, sondern noch im specifischen Gewichte.

Wenn wir auch vom $FeS^2 + FeAs^2$ noch keine tesserale Krystallisation mit hexaëdrischer Spaltbarkeit kennen, so kommt doch dieselbe dem Nickelglanze von Loos $NiS^2 + NiAs^2$ nach Hrn. Berzelius zu, und bekanntlich dem gemeinen Eisenkiese FeS^2. Nickel, Eisen und Kobalt sind aber einerseits, und Arsen und Schwefel andererseits isomorph, und verstehen wir unter R Eisen, Nickel und Kobalt, so kennen wir nunmehr von $RS^2 + RAs^2$ eine *Triplomorphie,* dreierlei Krystallisationen. Darauf hat der generische Name Triteites Bezug, von τριτεῖος, der dritte Rang. Wenn man die Genera krystallographisch mit charakterisirt, so kann man auch den Plinian keinem bekannten Genus einreihen. Uebrigens ist die Auffindung dieses Minerals in Bezug auf seine Gestaltung von besonderem Interesse.

Man erlaube in dieser Beziehung den hier mitgetheilten Thatsachen auch noch etwas Hypothese hinzuzufügen.

Die allbekannte Dimorphie des Doppelschwefeleisens, $\overset{''}{Fe}$, wie sie in dem hexaëdrisch spaltbaren und in dem rhombisch-prismatisch spaltbaren Kiesen auftritt, zeigt zugleich den tesseralen Kies von höherer gelber Farbe, höherer Härte und etwas gröfserem Gewichte, als den prismatischen. Ferner während dieser holoëdrisch wie der *natürliche Schwefel* und sogar von ähnlichen Abmessungen mit diesem krystallisirt ist, hat die hexaëdrische Specie, wenn sie schon das Krystallisationssystem des *Eisens* besitzt, zugleich parallelflächige Hemiëdrie. Ich schlage auch deshalb vor, in populärer Kürze vorzugsweise jenen *Schwefelkies*, diesen *Eisenkies* nennen zu wollen. Die Hemiëdrie des Eisenkie-

ses erinnert an den, wenn schon in einem anderen Systeme hemiëdrisch in höherer Temperatur krystallisirten Schwefel, welchen Hr. Mitscherlich aufgefunden hat. Es wird mithin wahrscheinlich, dafs sich der hexaëdrische Eisenkies in einer etwas höheren Temperatur gebildet habe, und zugleich weniger latente Wärme enthalte, als der prismatische Schwefelkies: darum wohl die Hemiëdrie des Eisenkieses. Auch kommt in gewissen Gebirgsarten, von denen man annimmt, dafs sie eruptiv, und deshalb wahrscheinlich in einer hohen Temperatur entstanden seyen, der Eisenkies häufig, der Schwefelkies, meines Wissens, nie vor. Ich erinnere an Porphyre, Syenite etc. Eine sehr hohe Temperatur dürfte jedoch hierbei nicht stattgefunden haben, denn unter Hüttenproducten hat sich noch nie das Doppelschwefeleisen gefunden, sondern nur das einfache Schwefeleisen.

Der *Plinian* zeigt Krystallformen, welche eine überraschend grofse Aehnlichkeit mit denen des *geschmolzenen Schwefels* haben, und so dürfte der Plinian in höherer Temperatur entstanden seyn, und weniger latente Wärme haben, als der gemeine Arsenkies oder Mispickel, dessen Krystallformen an jene des Schwefelkieses und somit auch an jene des natürlichen oder aus Schwefelalkohol dargestellten Schwefels anschliefsen. Sind alle diese Folgerungen richtig, so wäre es wohl möglich, einst ein $\overset{\prime\prime}{Fe}$ in einer dem Plinian ähnlichen Form zu entdecken.

Dafs aber die Temperaturen, in denen sich alle die genannten wirklichen Mineralien krystallisirten, einander nahe standen, darf auch wohl aus dem directen Zusammenvorkommen des Eisenkieses und des Schwefelkieses z. B. in böhmischen Braunkohlen und auf Freiberger Gängen gefolgert werden. Zu Ehrenfriedersdorf aber treten merkwürdigerweise in denselben Gängen der Glanzarsenkies, $FeAs^2$, ein eigenthümlicher holorhombisch krystallisirter Arsenkies, und endlich, jedoch selten, der Plinian und der Eisenkies auf.

3. Stannit.

Unter dem Namen »*Weifses Zinnerz, sehr altes Vorkommen aus Cornwall*«, erkaufte ich ein Stück eines Minerals, welches hauptsächlich aus einem weifslichen Minerale besteht; allein, schon nach der nicht sehr bedeutenden Wuchtung in der Hand, kein Zinnerz seyn konnte, da es hierzu nicht schwer genug war. Ueberhaupt aber hatte es ein Zusammentreffen von äufseren Kennzeichen, dafs ich es für keinen mir schon bekannten Körper ansprechen konnte, wenn es auch eine entfernte Aehnlichkeit mit dichtem weifsen Granat besitzt. Die Kennzeichen sind folgende:

Geringer Fett- bis Diamantglanz, selbst nur bis schimmernd.

Mittelfarbe zwischen gelblichweifs und blafs isabellgelb. Strichpulver, gelblichweifs.

Nur in den dünnsten Kanten durchscheinend.

Die Gestalt ist derb, und der Bruch meist klein und flach muschlig, doch ist die Substanz jedenfalls der Krystallisation fähig, da sie zugleich an einigen Stellen undeutliche Spaltungsrichtungen besitzt, wie es scheint, schiefwinklig sich schneidend.

Die Härte $=8\frac{3}{4}$, also fast die des Quarzes.

Das specifische Gewicht $=3{,}533$ bis $3{,}558$, und dieses beweist sogleich, dafs das Mineral kein Zinnerz seyn kann.

Gemengt ist es mit weifsem krystallinischen Quarze, wenig dunkelbraunem Zinnerz und mit Eisenkies, und diese Mineralien schwimmen gleichsam porphyrartig in jener Hauptmasse.

Es liefs sich erwarten, dafs das Mineral, welches einst in Massen vorgekommen seyn mag, auf Zinnerz benutzt worden sey, weil man ihm sonst nicht den Namen *weifses Zinnerz* beigelegt haben würde. Uebrigens bemerke ich noch, dafs es ächtes weifses Zinnerz giebt, dergleichen früher auf der Grube St. Christoph zu Breitenbrunn in Sachsen vorgekommen ist.

Auf meine Bitte unternahm Hr. Prof. Plattner eine vorläufige chemische Untersuchung, und er fand darin: Kieselsäure, Thonerde und Zinnoxyd, von letzterem 36¼ Proc., als Hauptbestandtheile auf. Von anderen Erden ist nichts darin enthalten. Auf einen zwar möglichen, aber unwahrscheinlichen Gehalt an Alkalien ist jedoch die Untersuchung nicht ausgedehnt worden. Vor dem Löthrohre unschmelzbar. Sobald der genannte Chemiker Zeit gewinnt, will er eine ausführliche quantitative Analyse folgen lassen.

Die Selbstständigkeit des Minerals ist nicht zu bezweifeln, und sein wesentlicher Gehalt an Zinnoxyd rechtfertigt den oben stehenden dafür gewählten Namen.

4 und 5. Kastor und Pollux.

Beide Mineralien kommen nicht allein zusammen vor, sondern sie haben auch in ihrer äufseren Erscheinung, wie aus dem Folgenden erhellt, so viel Aehnlichkeit mit einander, dafs ich ihnen, ihres gleichsam brüderlichen Verhaltens wegen die obigen Namen beilegte, die sich dadurch noch empfehlen, dafs sie sich leicht behalten lassen, da sie sonst bekannt genug sind.

Schon seit Jahren sammelte ich die Stückchen dieser Mineralien, und kaufte sie als Quarze monströser Form. Sie scheinen jedoch sehr selten zu seyn. Das gröfste Stück erreicht nur die Ausdehnung von 1¾ Zoll.

Sie kommen in den Drusen des Granits der Insel Elba, welche durch ihre schönen Turmaline, Berylle, Felsite etc. bekannt sind, vor, und was wohl merkwürdig ist, mit Quarz zusammen, der ihnen zum Theil im Aeufseren täuschend ähnlich geformt ist. In ihren Einschnitten safs etwas brauner Thon, und man sieht auch an ihnen keine Stellen, wo sie aufgewachsen seyn konnten, folglich haben sie sich und der mit vorkommende gestört krystallisirte Quarz porphyrartig in einer mit Thon erfüllten Druse — gleichsam dem Ei der Leda — gebildet. Ein Stück des Kastors und eins des Pollux sind jedoch von mir unbekannt gebliebenen Fund-

orten, und besafs ich früher, als mir die Elbaner Abänderungen bekannt wurden. — Beide Mineralien würden sich, ihrer wasserhellen Beschaffenheit wegen, wie der Quarz zu Edelsteinen verschleifen lassen.

Alle Mineralogen ersuche ich den in ihren Sammlungen liegenden Bergkrystall - Quarzen gestörter Krystallisation nachzuspüren, um vielleicht denen von mir gemachten äusserst mühsamen mineralogischen Untersuchungen eine weitere Ausdehnung geben zu können. Auch sey noch die Bemerkung erlaubt, dafs ich unter den gestört krystallisirten Körpern, welche auf den ersten Blick für Kastor, Pollux oder Quarz zu halten sind, einen auf einer Axinitdruse von Bourg d'Oisans fand, der aber die Härte $6\frac{1}{4}$ und das specifische Gewicht 2,980 hatte, und sich als Datolith erkennen liefs.

Kastor.

Derselbe besitzt lebhaften und ausgezeichneten Glasglanz, ist farblos und durchsichtig, optisch zweiaxig.

An einem Stücke, Fig. 8 und 9, Taf. III, erkennt man das Krystallsystem, und zwar zeigt es Fig. 8 von vorn gesehen:

y ein flaches vorderes Hemidoma,

P das primäre vordere Hemidoma, $+P\breve{\infty}$,

v eine vordere Hemipyramide,

M das brachydiagonale Flächenpaar $\infty P\breve{\infty}$.

Derselbe Krystall von hinten gesehen, Fig. 9, zeigt:

o eine hintere Hemipyramide,

n eine andere dergleichen,

M die schon genannte Gestalt.

Die einzige Neigung, die sich annähernd messen liefs, ist die von *P* auf *M*, und beträgt ungefähr $128\frac{1}{2}°$, vielleicht bis 129°. Als Primärform hat man ein hemidomatisches Prisma anzusehen, doch ist das Prisma noch nicht beobachtet und der Winkel desselben eben so wenig bekannt als die anderen; die Flächen bieten, mit Ausnahme von *P* und *M*, nur Erhöhungen und Vertiefungen, nicht minder

Verzerrungen dar. Die anderen Krystalle kann man eigentlich nicht mehr Krystalle nennen, sie lassen, zwar überall mit dem lebhaftesten Glanze versehen, nur Unebenheiten und Auszackungen erkennen. Ich weifs diese Formen mit nichts besser zu vergleichen, als mit den Abbildungen, welche man von den in den Polarmeeren schwimmenden ausgezackten Eisbergen hat. Scharfkantige unregelmäfsige Erhöhungen wechseln mit solchen Vertiefungen und mit einzelnen Krystallflächen ab. Fig. 10, Taf. III, stellt eine solche Form dar.

Zu dem obigen Krystalle mufs ich noch bemerken, dafs er ganz besondere Aehnlichkeit mit dem Plinian zu haben scheint, und dafs sich *P* und *M* in den Figuren 1, 2, 3 und 4 nicht allein correspondiren, sondern auch in ihnen *o* vielleicht gleichen Werth hat.

Sehr ausgezeichnet ist die Spaltbarkeit des Kastors nach *P* und nach *M*, mindestens so deutlich, wie die mit gleichen Buchstaben bezeichneten Spaltungsrichtungen des Adulars, nur mit der Ausnahme, dafs der Winkel beim Adular ein rechter ist. Die Spaltungsrichtungen des Plinians und des Kastors aber haben vielleicht ganz genau denselben Winkel. Uebrigens kommt an dem letzteren muschliger Bruch mit zum Vorschein.

Die Härte beträgt $8\frac{1}{4}$ bis $8\frac{1}{2}$, also stets etwas über Adular.

Das spec. Gewicht bestimmte ich an acht Stückchen, wog jedes zwei Mal und nahm davon das Mittel, so fand ich: 2,382, 2,387, 2,388, 2,389, 2,390, 2,392, 2,398, 2,401.

Ausdrücklich ist zu bemerken, dafs ein neuntes, und zwar ein sehr grofses, Stück, dessen Umrisse der Gestalt mit Fig. 10 übereinstimmen, das Gewicht 2,654 und die Härte des Quarzes hatte, auch vor dem Löthrohre als reiner *Quarz* erkannt wurde. Ohne genaue mineralogische Untersuchung läfst sich der Unterschied vom Quarz, bei der extrem starken Störung der Krystallgebilde, nicht mit Evidenz angeben.

Nach den zwei Spaltungsrichtungen, nach Härte und Ge-

wicht steht der Kastor dem Petalit etwas nahe, ich untersuchte deshalb, und weil ich letzteren neuerlich noch deutlicher spaltbar acquirirte, als ich ihn früher besafs, nochmals, fand jedoch die Neigung von dessen zwei deutlicheren Spaltungsrichtungen, welche etwa mit denen des Kastors verglichen werden könnten, mit Näherung wieder =141°, welche bei Kastor noch nicht 129° beträgt.

Pollux.

Die mineralogischen Charaktere desselben sind folgende:

Ausgezeichneter und lebhafter Glasglanz.

Farblos und durchsichtig, nur in zwei Stücken war stellenweise Trübheit wahrzunehmen. Optisch zweiaxig; diefs konnte ich an einem plattenförmigen Bruchstücke mit dem optischen Apparate recht deutlich wahrnehmen, und daraus geht hervor, dafs der Körper kein opalartiger seyn könne, sondern krystallinisch seyn müsse.

Die Gestalten sind, wie beim Kastor, von der gestörtesten Bildung, jedoch meist weniger scharfeckig und manchmal schon gerundet, dann sogar dem Hyalith etwas ähnlich. An der Form, Fig. 11, Taf. III, sind einige Krystallflächen zu sehen, und vielleicht ist dieselbe sogar ein Zwilling. Die unregelmäfsigen Gestalten sind auch, wie Fig. 12, mit einem Stückchen Wachse zu vergleichen, welches eine Näherin oft gebraucht hat, also scharfe Einschnitte von den Fäden, auch wohl einzelne Nadelstiche erfahren hat. Die den schwimmenden Eisbergen ähnliche Form kehrt ebenfalls wieder. — Der Bruch ist muschlig, und nur Spuren von Spaltbarkeit konnte ich finden.

Die Härte ist $8\frac{1}{4}$ bis $8\frac{1}{2}$, genau wie bei Kastor.

Das spec. Gewicht von vier Stückchen, wovon jedes zwei Mal bestimmt wurde, betrug im Mittel: 2,868, 2,876, 2,880, 2,892.

Es schien mir der Mühe werth, einen Hyalith, welcher dem Ansehen des Pollux am nächsten kam, zu wiegen, der aber nur 2,162, anderen Hyalithen ähnlich, ergab.

(Eine chemische Untersuchung der unter No. 4 und 5 beschriebenen Mineralien enthält der folgende Aufsatz.)

6. Spinellus superius.

Unter dem Namen »*Pleonast* von Bodenmais in Baiern« kaufte ich einige Exemplare eines schwarzen Spinells, und darunter ein gröfseres reines Bruchstück. Da das Mineral im Aeufseren etwas von dem Zeilanit oder Pleonast abwich, so wollte ich mich überzeugen, was es sey, und fand folgende Eigenschaften:

Glasglanz bis nur wenig dem Fettglanz genähert.

Farbe, grünlich- bis fast sammetschwarz. Strichpulver schmuzig und sehr dunkelgrün.

Primärform: Hexaëder, die Spaltungsrichtungen darnach treten nur in Spuren hervor. Die Krystallform ist das Octaëder. Im Bruche muschlig und von einem dem Gadolinit ähnlichen Ansehen.

Härte $9\frac{1}{2}$ bis 10.

Spec. Gewicht nach zwei Wägungen 4,488 bis 4,892.

Hienach war es unzweifelhaft, dafs das Mineral ein Spinell ist, und dem zinkoxydhaltigen Automolith oder Gahnit näher steht als jedem anderen Spinelle. Das Gewicht von diesem gab Mohs nur zu 4,232 an. Ich wog zum Vergleiche drei schöne Gahnitkrystalle, und fand sie 4,332, 4,342 und 4,351. Des hohen Gewichts wegen habe ich das neuerkannte Mineral Spinellus superius genannt, s. S. 623 meines vollst. Handbuchs der Mineralogie, dessen dritter Band in diesen Tagen beendet wird.

Zu einer vollständigen chemischen Analyse fehlt es hier in Freiberg an Material, und Hr. Prof. Plattner konnte nur eine qualitative Untersuchung vornehmen, worüber derselbe das Folgende mittheilt.

Vor dem Löthrohre in Borax und Phosphorsalz nur in Pulverform auflöslich, und diesen Flüssen eine gelbe Farbe vom Eisen ertheilend. Das mit wenig Wasser gefeinte Pulver auf Kohle getrocknet, dann mit Kobaltsolution befeuchtet und im Oxydationsfeuer stark geglüht, nimmt eine blaue Farbe an. Mit Soda erfolgt nicht der geringste Angriff. Wendet man aber ein Gemeng von Soda und Borax an,

so erhält man im Reductionsfeuer eine von Eisenoxydul grün gefärbte Perle, und auf der Kohle einen starken Beschlag von Zinkoxyd. Von Magnesia war nur eine leise Spur zu finden. Es ist wahrscheinlich, daſs das Eisen zum Theil als Oxyd enthalten sey, und dann die Thonerde mit vicariirt.

Wenn letzteres der Fall ist, so lieſse sich daraus das hohe specifische Gewicht erklären.

Vielleicht ist Hr. von Kobell im reicheren Besitze dieses baierischen Minerals, und unternimmt dann eine quantitative Analyse davon.

Wie oben bemerkt, findet sich das Mineral zu Bodenmais in Baiern, im Gemenge mit den von dieser Localität bekannten Mineralien: Magnetkies, Zinkblende, grünem Felsit, Quarz und Dichroit.

7. Zygadit.

Die Kenntniſs dieses Minerals verdanke ich dem Hrn. Giesecke jun. zu Klausthal, der mir einige Stückchen davon gefälligst überlieſs. Es zeigt folgende Charaktere:

Auf der deutlichen Spaltungsfläche zwischen Glas- und Perlmutterglanz, übrigens Glasglanz.

Farbe, röthlich- und gelblichweiſs.

Schwach durchscheinend, meist ganz trüb.

Die Krystallisation zeigt nach Fig. 13, Taf. III, folgende Beschaffenheit: Anscheinend ein niedriges rhombisches Prisma von ungefähr 136° und 44°. Dasselbe zerfällt jedoch in 1) die Gestalt *P*, welche nicht die gerad angesetzte Basis, sondern ein Hemidoma zur Makrodiagonale ist, von einer der Basis nahe kommenden Neigung gegen die Hauptaxe. 2) Ein Hemiprisma *M*, welches glatt und von ziemlich lebhaftem Glanze ist; und 3) ein Hemiprisma *T*, welches ganz rauh und fast glanzlos erscheint. Die kleinen und sehr kleinen Krystalle sind ohne Ausnahme Zwillinge, und zwar nach dem Gesetze, welches am Periklin vor-

kommt. Die Drehungsaxe ist parallel mit Hemidoma und Makrodiagonale, der Drehungswinkel $=180°$. Man sieht recht deutlich, dafs wenn die glänzende Fläche *M* vorn rechts oben liegt, dann wieder links unten erscheint, und so umgekehrt. — Die Spaltbarkeit nach dem Hemidoma *P* ist recht deutlich und die einzig vorkommende Richtung. Bruch, uneben.

Härte 7 bis $7\frac{1}{2}$, etwas über Skapolith.

Specifisches Gewicht 2,511 bis 2,512.

Da die Krystalle des Minerals, die ich bis jetzt gesehen, ohne Ausnahme Zwillinge sind, die Individuen also *paarweise* auftreten, so wird dieses durch den Namen *Zygadit* angedeutet, von ζυγαδην, d. i. paarweise.

Auf den ersten Blick hat der Zygadit eine grofse Aehnlichkeit mit dem Stilbit (Blätter-Zeolith, Heulandit), auch sitzt Desmin darüber, was bei Stilbit ganz ähnlich vorkommt; doch steht dieser in den Graden der Härte und des specifischen Gewichts sehr zurück. Noch wird das Mineral von Quarz, welcher das älteste Gebilde, und von ganz kleinen Rhomboëdern eines Chabasits, der als neuestes Glied in der Formation auftritt, begleitet. Der Fundort ist die Grube Katharine Neufang bei Zellerfeld am Harze, wo es vor etwa zehn Jahren vorgekommen.

Zu einer quantitativen Analyse fehlt es hier in Freiberg ganz und gar. Hr. Prof. Plattner konnte nur eine qualitative Untersuchung vornehmen, wonach der Zygadit aus Kieselsäure, Thonerde und Lithion besteht. Er enthält keine anderen Bestandtheile, auch kein Wasser. Er dürfte also hiernach dem Kastor und dem Petalit chemisch verwandt seyn, unzweifelhaft aber ist er eine selbstständige Specie.

Gegenwärtig bin ich mit der Untersuchung eines vierten Minerals beschäftigt, welches dieselben Bestandtheile enthält, und ein deutlich plagioklastischer Felsit ist, den man bisher aufserordentlich verkannt hat.

(Fortsetzung folgt.)

XI. *Chemische Untersuchung zweier neuen, vom Herrn Prof. Breithaupt mineralogisch bestimmten Mineralien von der Insel Elba;* *von C. F. Plattner.*

1. Kastor.

Verhalten vor dem Löthrohre.

Im Glaskolben bis zum Glühen erhitzt, verändert sich der Kastor nicht, giebt keine Spur von Wasser, und zeigt auch nach dem Erkalten seine frühere Durchsichtigkeit wieder.

In der Pincette schmilzt er in dünnen Splittern schwer zur Kugel, die ganz blasenfrei, farblos und durchsichtig ist; auch färbt er die äufsere Flamme intensiv carminroth.

In Borax löst er sich in Pulverform auf Platindraht ziemlich leicht auf. Das klare Glas erscheint, so lange es heifs ist, von einem geringen Eisengehalte gelblich, wird aber unter der Abkühlung völlig farblos, und kann selbst bei starker Sättigung nicht unklar geflattert werden.

In Phosphorsalz löst er sich in Pulverform auf Platindraht ebenfalls ziemlich leicht, jedoch mit Hinterlassung von Kieselerde auf. Das Glas opalisirt unter der Abkühlung.

Mit Soda — selbst mit einer grofsen Menge — schmilzt er auf Kohle unter Aufbrausen zur klaren farblosen Perle.

Wird das feingepülverte Mineral auf Kohle mit Kobaltsolution befeuchtet und im Oxydationsfeuer stark geglüht, so zeigt es nur an den völlig geschmolzenen Stellen eine blaue Farbe.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es gar nicht angegriffen.

Quantitative Analyse.

Zuerst wurde zur Bestimmung der erdigen Basen 1 Grm. des vorher geglühten Minerals, welches dabei eine Gewichtsveränderung nicht erlitten hatte, mit kohlensaurem Natron

so aufgeschlossen, dafs die geschmolzene Masse einen völlig klaren Flufs bildete. Die Analyse wurde dann auf bekannte Weise weiter ausgeführt. Da sich dabei ein ungewöhnlich hoher Gehalt an Kieselerde ergab, so wurde zur Controle noch eine zweite Portion von 0,8 Grm. mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali aufgeschlossen, und die Analyse ebenfalls ausgeführt. Die geglühte Kieselerde von beiden Analysen wurde, da sich auch das zweite Mal wieder ein so hoher Gehalt herausstellte als das erste Mal, mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron gekocht; es ergab sich aber, dafs sie rein war, indem sie sich vollkommen auflöste.

Zur Bestimmung der Alkalien wurden 1,160 Grm. mittelst Fluorwasserstoffsäure aufgeschlossen, und die Alkalien auf bekannte Weise bestimmt.

Die Resultate der drei Analysen waren folgende:

	a.	*b.*	*c.*	Durchschnitt.	Sauerstoff.	
Kieselsäure	77,900	78,125		78,012	=40,527	
Thonerde	18,839	18,499	19,230	18,856	= 8,806	} 8,994
Eisenoxyd, nebst einer Spur von Mangan.	0,615	0,627	0,596	0,613	= 0,188	
Lithion, incl. Spuren von Kali und Natron.			2,760	2,760	= 1,522	
				100,241.		

Der Sauerstoff im Lithion, in der Thonerde (incl. Eisenoxyd) und in der Kieselsäure verhält sich wie

1,52 : 8,99 : 40,52

oder sehr nahe wie

1 : 6 : 27.

Das Mineral enthält demnach 1 At. Lithion, 2 At. Thonerde und 9 At. Kieselsäure, woraus sich die chemische Formel:

$$\dot{L}\dddot{Si}^3 + 2\dddot{Al}\dddot{Si}^3$$

ergiebt, welche folgenden Bestandtheilen entspricht:

Kieselsäure	78,000
Thonerde	19,286
Lithion	2,714
	100.

Dafs der Kastor bei seinem hohen Gehalte an Kieselsäure und geringem Gehalte an Lithion in dünnen Splittern vor dem Löthrohre zur Kugel geschmolzen werden kann, dürfte seinen Grund darin finden, dafs das $\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3$ leichter schmelzbar ist, als das $\dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$ und das $\dddot{Al}\,\dddot{Si}^4$ (welches sich im Sefström'schen Gebläseofen vollkommen zum Glase schmelzen läfst) sich wieder leichter schmelzbar zeigt als das $\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3$; so dafs man, wenn es nicht der allgemeinen Regel: »die schwächere Basis kann auf keiner höheren Sättigungsstufe stehen, als die stärkere«, zuwider wäre, für den Kastor die Formel:

$$\dot{L}\,\dddot{Si} + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}^4$$

aufstellen könnte.

Jedenfalls ist die Mischung des Kastors um deswillen schon sehr merkwürdig, dafs er mehr Kieselsäure enthält, als irgend ein anderes krystallisationsfähiges Silicat.

2. Pollux.

Verhalten vor dem Löthrohre.

Im Glaskolben bis zum Glühen erhitzt, giebt der Pollux etwas Wasser und verliert seine Durchsichtigkeit, so dafs er nach der Abkühlung opalartig erscheint.

In der Pincette geglüht, verliert er seine Durchsichtigkeit ebenfalls und wird weifs; dünne Splitter runden sich an den Kanten zu einem emailähnlichen, blasigen Glase ab und färben die äufsere Flamme röthlichgelb.

In Borax löst er sich leicht zum klaren Glase auf, das in der Wärme gelblich erscheint, unter der Abkühlung aber farblos wird und sich nicht unklar flattern läfst.

In Phosphorsalz löst er sich mit Hinterlassung einiger Flocken von Kieselerde zum klaren gelblichen Glase auf, das unter der Abkühlung farblos wird.

Mit Soda schmilzt er auf Kohle unter Brausen zur klaren Perle. Setzt man mehr Soda hinzu, so geht der gröfste Theil in die Kohle und es bleibt nur eine kleine unklare Perle zurück; bei einem noch gröfseren Zusatz von Soda

geht Alles in die Kohle, zum Beweis, dafs keine Kalkerde vorhanden ist.

Von Chlorwasserstoffsäure wird er durch Unterstützung von Wärme völlig zerlegt, ohne dafs eine Gasentwicklung wahrzunehmen ist; die Kieselsäure scheidet sich dabei pulverförmig ab.

Besondere Proben auf Chlor und Fluor zeigen, dafs er frei von diesen Körpern ist.

Quantitative Analyse.

Zur Bestimmung des Wassergehalts wurden 0,500 Grm. im Platintiegel geglüht; dabei ergab sich, dafs das Mineral 2,321 Proc. Wasser enthält.

Ferner wurden 0,500 Grm. durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt, und alle Bestandtheile des Minerals nach bekannten Methoden geschieden. Dabei wurden in 100 Gewichtstheilen aufgefunden:

		Sauerstoff.	
Kieselerde	46,200	=24,001	
Thonerde	16,394	= 7,656	7,920
Eisenoxyd	0,862	= 0,264	
Kali	16,506	= 2,798	
Natron mit einer Spur von Lithion	10,470	= 2,678	
Hierzu das besonders ermittelte Wasser	2,321	= 2,063	
	92,753.		

Der bedeutende Verlust bei der Analyse veranlafste mich, mit dem zur Bestimmung des Wassers geglühten Pulver sowohl, als der mir noch zu Gebote stehenden geringen Menge Minerals von ungefähr 2 Decigrammen, wiederholt besondere Proben auf verschiedene andere Körper vorzunehmen; ich habe aber weder Chlor, noch Fluor, noch einen anderen, in Silicaten möglicherweise vorkommenden Körper finden können. Die Analyse zu wiederholen war

nicht möglich, weil Hr. Prof. Breithaupt selbst zu wenig von diesem Minerale besitzt.

Der Sauerstoff in den wirklich aufgefundenen Bestandtheilen, nämlich: im Wasser, im Natron, im Kali, in der Thonerde, incl. des Eisenoxyds, und in der Kieselerde verhalten sich wie

2,0 : 2,7 : 2,8 : 7,9 : 24,0

oder annähernd wie

2 : 3 : 3 : 9 : 27.

Das Mineral würde demnach aus 2 At. Wasser, 3 At. Natron, 3 At. Kali, 3 At. Thonerde und 9 At. Kieselsäure zusammengesetzt betrachtet werden können; woraus sich folgende chemische Formel ergiebt:

$$3\dot{K}\,\dddot{Si} + 3\dot{Na}\,\dddot{Si} + 3\dddot{Al}\,\dddot{Si} + 2\dot{H}.$$

Diese Formel entspricht der Zusammensetzung von:

Kieselerde	50,493
Thonerde	18,726
Kali	17,198
Natron	11,397
Wasser	2,186
	100.

Von der Mischung des Pollux ist der Umstand, daſs kein Silicat einen noch stärkeren oder nur ähnlich starken Gehalt an Alkalien besitzt, sehr merkwürdig.

XII. *Ueber zwei Diamanten mit einem festen Stern im Innern; von Hrn. Descloizeaux.*

(*Annal. de chim. et de phys.*, *Ser. III*, *T. XIV*, *p.* 301.)

Vor einiger Zeit empfing Hr. Halphen drei kleine Diamantplatten, die eine sehr interessante und bisher bei diesem Minerale unbekannte Erscheinung darbieten. Die eine dieser Platten zeigt einen festen Stern mit sechs breiten

Strahlen (*astérie fixe à six rayons palmés*); bei den beiden anderen reduciren diese Strahlen sich auf drei halbelliptische Segmente, deren Gestalt etwas an die eines Kleeblatts erinnert.

Zwei dieser sonderbaren Diamanten wurden von Hrn. Halphen freigebig der Mineraliensammlung des Jardin du Roi überlassen, und da Hr. Brogniart mir die Untersuchung derselben anvertraute, so bat ich Hrn. Dumas die Resultate meiner Beobachtungen der Academie mitzutheilen.

Die besagten Platten haben die Gestalt kleiner sechsseitiger Tafeln mit abwechselnd in diesem und jenem Sinn geneigten Trapezflächen; eine dieser Platten ist in Fig. 15, Taf. III, abgebildet.

Da allein die gegenüberstehenden Flächen *A* geschliffen waren, und die übrigen sechs, welche die Ränder der Tafel bilden, dem Krystall oder den Krystallen, aus welchen die Tafeln geschnitten wurden, angehören, so habe ich sie gemessen. Ihre Neigungen betragen 109° 30′ und 70° 30′, und zeigen demnach, daſs diese Krystalle regelmäſsige Octaëder waren, und daſs man bei Vergröſserung der Flächen *A* sehr genau zwei parallelen Flächen dieser Octaëder gefolgt ist. Fig. 14, Taf. III, zeigt das regelmäſsige Octaëder gelegt auf eine jener Flächen, und der schattirte Theil deutet in Bezug auf diesen Krystall die Lage einer Platte an, die parallel der Fläche, auf welcher er ruht, fortgenommen und der Fig. 15 ähnlich ist.

Der gröſste Durchmesser der beiden von mir untersuchten Platten ist 4 Millimeter; ihre Dicke geht nicht über 0,5 Millimeter.

Wenn man eine der Flächen *A* (siehe Fig. 15, 16 und 17) auf ein weiſses Papier legt, so bemerkt man in der ersten Platte, deren Umriſs fast genau die geometrische Regelmäſsigkeit der Fig. 15 besitzt, einen Stern mit sechs breiten Strahlen, gerichtet von den Winkeln des Sechsseits nach dessen Mitte. Durch Reflexion gesehen erscheinen diese Strahlen von einem grauen Rauchbraun; ihre Umrisse sind ziemlich scharf, um mit bloſsem Auge oder einer schwach

ver-

vergröfsernden Lupe verfolgt zu werden. Sucht man sie aber beim Hindurchsehen zu erblicken, sey es mit blofsem Auge oder besonders mittelst eines Mikroskops und bei etwas intensivem Licht, so sind sie kaum wahrnehmbar, und scheinen in der allgemeinen schwach rauchbraunen Farbe, welche die ganze Platte zeigt, zu verschwimmen.

Die centralen Spitzen der sechs Strahlen berühren sich nicht ganz, sondern lassen zwischen sich einen farblosen Raum, dessen Kleinheit nicht erlaubt zu beurtheilen, ob er kreisrund oder sechsseitig sey.

Die zweite Platte (Fig. 16) zeigt einen weit weniger regelmäfsigen Umrifs als die erste, in Folge der Abrundung der Flächen des Octaëders, aus denen sie geschnitten ist. Indefs unterscheidet man noch drei kleine Trapezflächen, die sich in der Figur nach den Linien *a*, *a*, *a* projiciren. Vermöge ihrer Schärfe und ihres Glanzes kann man sich überzeugen, dafs sie zum primitiven Octaëder gehören; mittelst ihrer kann man auch festsetzen, dafs die regelmäfsige Gestalt der zweiten Platte die der Fig. 17 seyn würde.

Die Figuren 16 und 17 zeigen, dafs die halb-elliptischen Segmente, welche die sechs Strahlen der ersten Platte ersetzen, drei abwechselnde Seiten des Sechsseits *A* umfassen, und ihre Krümmung dem Mittelpunkt zuwenden, ohne sich zu berühren; man sieht auch, dafs die genähertsten Theile zweier benachbarten Krümmungen durch einen ziemlich kurzen Fleck, von gleicher Natur wie die Segmente, in einander zu laufen scheinen, wodurch dann in der Mitte der Platte ein farbloser Raum in Gestalt eines Sechsseits entsteht, an dem drei Seiten fast doppelt so grofs sind als die drei übrigen.

Die drei Segmente der zweiten Platte haben genau dieselbe Farbe und dasselbe Aussehen wie die sechs Strahlen der ersten; auch verschwinden sie fast eben so vollständig wenn ein etwas lebhaftes Licht hindurchgeht.

Beim ersten Anblick scheint also der Stern der zweiten Platte bedeutend verschieden von dem der ersten zu

seyn. Eine aufmerksame Untersuchung zeigt indefs, dafs sie auf einander zurückgeführt werden können, und ohne Zweifel aus einer selben Ursache entsprungen sind.

In der That bemerkt man an der Platte Fig. 15, dafs die centralen Spitzen der Strahlen sich zu je zwei merklich gegen einander krümmen, und zwischen den beiden oberen Strahlen eine wolkige Trübung dichter als die, welche in dem Uebrigen der Platte vorhanden ist, sie zu einem einzigen halb-elliptischen Segment zu vereinigen trachtet. Dagegen sieht man in der zweiten Platte, Fig. 17, dafs bei dem wolkigen Segmente die dunkelsten Theile sich nach den Rändern ihrer Krümmung hin concentriren, und wenn man sie gegen das Licht spielen läfst, scheint das eine von ihnen sich in zwei Strahlen zu zertheilen, die denen der Fig. 15 analog sind, und nur darin von ihnen abweichen, dafs sie durch eine stärkere Trübung der Masse verbunden sind.

Der feste Stern in den Diamantplatten, welche ich eben beschrieb, entspringt aus einem Phänomen, das verschieden ist von dem, welches die beweglichen Sterne im Korund und im Granat erzeugt; allein es ähnelt sehr denjenigen, welche man in einigen sehr dunkelblauen Sapphiren und in gewissen Kalkspathkrystallen kennt.

Die Sammlung der Ecole des Mines besitzt nämlich, von Expailly im Dep. Haute-Loire, Sapphirkrystalle in verlängerten hexagonalen Prismen, die, winkelrecht auf der Hauptaxe durchschnitten, auf der sechsseitigen Schnittfläche einen sechsstrahligen Stern zeigen. Diese Strahlen gehen von dem Centrum nach den Mitten der Seiten des Sechsecks, und scheinen gebildet aus einer weifslichen, faserigen, seidenartig glänzenden Masse, deren aber zu wenig ist, als dafs es möglich wäre ihre Natur zu ermitteln. Ein Exemplar von Kalkspath, das derselben Sammlung gehört, erlaubt dagegen diese eingelagerte und den festen Stern bildende Substanz zu isoliren und zu studiren. Diefs Exemplar, von Helsingfors, in Finnland, herstammend, bildet hexagonale Prismen mit einem sehr stumpfen Skalenoëder, dessen Kan-

ten auf den Mitten der Prismenflächen stehen. Die drei scharfen Kanten dieses Skalenoëders sind farblos wie die Masse des Krystalls; allein die drei stumpfen Kanten erweisen sich schwarz gefärbt durch eine Substanz, die leicht für Manganoxyd zu erkennen ist. Dieselbe Anordnung wiederholt sich an der oberen und unteren Spitze, und da die scharfen Kanten den stumpfen gegenüberstehen, so folgt daraus, daſs wenn man die beiden Scheitel des Skalenoëders auf eine selbe, gegen die Axe winkelrechte Ebene projicirte, diese Ebene, welche ein regelmäſsiges Sechsseit darstellt, einen schwarzen Stern mit sechs vom Mittelpunkt nach den Mitten der sechs Seiten laufenden Strahl zeigen würde, also eine analoge Anordnung, wie man sie in den Sapphiren von Expailly und in unseren Diamanten beobachtet.

Da die regelmäſsigen Sterne des Diamanten, des Sapphirs und des Kalkspaths ein ganz ähnliches Aussehen zeigen, so ist es zu glauben erlaubt, daſs sie aus einer selben Ursache entspringen. Bei dem Kalkspath ist es auſser Zweifel, daſs diese Ursache in der Mitschleppung einer fremden Substanz durch die Krystallisation liegt. Eben so muſs es sich also beim Sapphir und Diamanten verhalten. Nur haben der Korund und der Kalkspath ihre Sterne in einer auf der Hauptaxe ihrer Grundform winkelrechten Ebene und deren sechs Strahlen folgen den drei gleichen und symmetrischen Axen, welche das Rhomboëder in dieser Richtung besitzt; während der sechsstrahlige Stern des Diamanten auf dem ersten Blick wenig mit der Symmetrie der aus dem Würfel entspringenden Formen in Harmonie zu stehen scheint. Indeſs ist leicht zu ersehen, daſs auch diese Strahlen auf eine sehr einfache und symmetrische Weise gegen die Ebenen des regelmäſsigen Octaëders gelagert sind.

In der That zeigt Fig. 18, in welcher ich mit verschiedenen Farben die vier Ebenen angegeben habe, die man symmetrisch in einem Octaëder parallel jedem Paare zweier gegenüberstehender Flächen ziehen kann, daſs zuvörderst die Strahlen der Fig. 15 nach Linien gerichtet sind, wel-

che die Mitten der gegenüberstehenden und parallelen Octaëderkanten verbinden, und dafs, wenn man insbesondere eine dünne Platte betrachtet, die einer der erwähnten vier Ebenen, z. B. der schwarzen Ebene, parallel ist, diese Platte wirklich sechs Strahlen darbieten mufs, weil die Strahlen der drei anderen Ebenen, der rothen, blauen und gelben, sich auf die erste projiciren, so dafs sie daselbst, wenn man so sagen darf, die Resultante des symetrisch im Octaëder des Diamanten erzeugten Phänomens geben. Ueberdiefs zeigt Fig. 18, dafs jedes System zweier gegenüberstehender Strahlen zugleich zwischen zwei Ebenen, die zweien Paaren gegenüberliegender Octaëderflächen parallel sind, befindlich ist, und dafs folglich die Axe dieses Systems mit dem Durchschnitt dieser Ebenen zusammenfällt; und Jeder weifs, dafs im Diamanten diese Ebenen die der Spaltbarkeit sind.

Schneidet man also Platten parallel irgend zweier Flächen der vollständigen Krystalle, aus denen die in dieser Abhandlung beschriebenen Exemplare gewonnen wurden, so weist die Theorie nach, dafs man den in Fig. 15 oder 17 abgebildeten sechs- oder dreistrahligen Stern erhalten mufs. Die directe Bestätigung dieser Thatsache wäre also interessant, in sofern sie lehren würde, ob die regelmäfsige Anhäufung jener wolkigen Farbe oder die eigenthümliche Modification des Kohlenstoffs, welche den Stern erzeugt hat, immer dem Gesetz der Symmetrie unterworfen bleibt. Unglücklicherweise sind diese Platten die ersten in Europa, an welchen man die Erscheinung beobachtet hat, und da dieselben, Hrn. Halphen zufolge, ihre gegenwärtige Gestalt schon in Indien erhalten haben, so ist es unmöglich Auskunft darüber zu bekommen, was sich an den noch unzerschnittenen Krystallen beobachten lassen müfste.

XIII. *Zur Analyse des in Salpetersalzsäure unauflöslichen Rückstands des uralschen Platins gehörend; von G. Osann.*

Obwohl ich meine Untersuchung über diesen Gegenstand noch nicht beendet habe, so will ich mir doch erlauben vorläufig einige Notizen hierüber mitzutheilen.

10 Grm. desselben wurden mit 5 Grm. Chlorkalium und 5 Grm. chlorsaurem Kali zusammengerieben, und darüber in einer Glasröhre, welche über Kohlen erhitzt wurde, Chlorgas geleitet. Ich wendete hierzu eine lange Glasröhre an, welche in der Mitte in einer Schiene von Eisenblech ruhte, die mit Sand angefüllt war. Man hat hierbei den Vortheil, dafs man wegen Länge der Röhre an beiden Enden Korkstöpsel anwenden kann, und dafs die Röhre durch den umgebenden Sand so geschützt wird, dafs sie mehrmals angewendet werden kann. Das Gas wurde in eine woolfische Flasche geleitet, welche zur Hälfte mit Kalkmilch angefüllt war, und von welcher noch eine gebogene Röhre in ein Glas mit Wasser führte. — Der Zusatz von chlorsaurem Kali diente, um die Entwicklung von Osmiumsäure zu befördern. Dafs diefs Salz fördernd hierzu wirkte, ergab sich daraus, dafs ich in der Röhre Krystalle von Osmiumsäure abgesetzt fand, die ich nicht beobachtet hatte, als ich Chlorkalium allein anwendete, obwohl ich letzteren Versuch sehr oft angestellt habe. Nach dem Hinwegleiten des Chlorgases wurde die Röhre mit Inhalt in Wasser gebracht, das Auflösliche gelöst und von dem Ungelöstgebliebenen abfiltrirt. — Nach dem Grundsatz, dafs man das, was man zuerst mit einem elektronegativen Körper behandelt hat, nachher mit einem elektropositiven behandeln soll, wurde jetzt der Rückstand mit Kalilauge, der etwas Salpeter zugesetzt worden war, gekocht, zur Trockne gebracht und geschmolzen. Der Rückstand wurde sichtbar hiervon angegriffen. Die Masse sah nach dem Schmelzen grünlich-

braun aus. Sie wurde mit Wasser aufgeweicht, mit Salpetersalzsäure sauer gemacht und hierauf destillirt. Das Ungelöstgebliebene wurde getrocknet, und von Neuem mit Chlorkalium und chlorsaurem Kali zusammengerieben, diefsmal jedoch mit weniger chlorsaurem Kali, und wie früher mit Chlorgas behandelt. Das nach dieser Behandlung Zurückgebliebene wurde abermals mit Kali und Salpeter geschmolzen. In dieser Weise wurde fortgefahren. Bei der fünften Behandlung war ein braunes Pulver zurückgeblieben, welches gröfstentheils braunes Chromoxyd war.

Sämmtliche Destillate wurden zu der in der woolfischen Flasche befindlichen Flüssigkeit gegeben, und diese mit Kalkmilch übersättigt. Die Flüssigkeit sah röthlich, beinahe rosafarben aus. — Sie wurde von den darin schwebenden Kalktheilchen abfiltrirt. Sie verlor hierdurch ihre Rosafarbe. Das Filter sah gelb aus.

Als ich das Filter, auf dem der Kalk sich gesammelt hatte, nach einigen Tagen betrachtete, fand ich, dafs es auf der Lichtseite weifs aussah, auf der Schattenseite röthlich. Um zur Kenntnifs des Körpers zu kommen, der diese Einwirkung des Lichts erfahren hatte, wurde das Filter mit Inhalt in Salzsäure gebracht und hierin aufgelöst. Es löste sich ohne Rückstand auf. Die Flüssigkeit sah gelb aus, wie das Filtrat. Sie wurde mit Ammoniak versetzt. Es fällte sich nichts. Hierauf wurde Schwefelwasserstoff hindurchgeleitet. Sie wurde zuerst weifs von ausgeschiedenem Schwefel, dann fing sie an bräunlich zu werden. Nach einigen Stunden hatte sich ein hellbräunlicher Niederschlag abgesetzt, welcher abfiltrirt wurde.

Da dieser braune Körper möglicherweise Osmium enthalten konnte, so wurde er, nachdem er getrocknet worden war, in eine Glasröhre gebracht und Sauerstoffgas darüber geleitet, während sie durch eine untergestellte Lampe erhitzt wurde. Nachdem diefs eine Zeit lang stattgefunden hatte und die Röhre kalt geworden war, konnten keine Krystalle von Osmiumsäure darin bemerkt werden, auch roch die Röhre nicht nach Osmiumsäure. Die zurückgebliebene Substanz sah schwarz aus.

Sie wurde mit Salpetersalzsäure kochend behandelt. Es löste sich ein Theil auf. Zurück war ein schwarzer Körper geblieben. Er wurde abfiltrirt. Das Filtrat wurde mit Ammoniak versetzt. Es fällte sich nichts, es wurde aber schwach grünlich. Die Flüssigkeit wurde abgedampft. Beim Erwärmen zeigten sich einige braune Flocken. Sie wurden abfiltrirt. Diese, mit dem Filter verascht und mittelst des Löthrohrs geprüft, gaben Eisen zu erkennen zugleich mit einem leicht reducirbaren Metalloxyd.

Das Filtrat von den Flocken wurde abgedampft. Beim Verdampfen der Flüssigkeit verschwand die grünliche Färbung und die Flüssigkeit wurde gelblich. Als jedoch der Salmiak anfing zu verdampfen, wurde ein Theil bläulich, während der andere noch gelb blieb, zuletzt wurde Alles bläulich. Nach dem Verdampfen war eine gräulich aussehende Substanz zurückgeblieben.

Ich vermuthete einen Kupfergehalt. Sie wurde daher mit Ammoniak übergossen. Sie färbte dasselbe nicht blau wie man wegen vermeintlicher Anwesenheit von Kupfer hätte erwarten können. Eine Gegenprobe, in einer ganz geringen Menge Kupferoxyd bestehend, bei weitem weniger als die erhaltene Substanz betrug, färbte sich sogleich, mit demselben Ammoniak übergossen, einen blauen Umkreis um ihren Umfang bildend. Die Substanz blieb nun mehrere Stunden mit Ammoniak in Berührung. Hierauf wurde filtrirt. Das Filtrat war schwach bläulich. Das auf dem Filter Zurückgebliebene wurde verascht und in Salpetersalzsäure gelöst. Hierauf wurde Ammoniak zugesetzt. Die Flüssigkeit wurde schwach bläulich. Beim Erwärmen setzten sich einige braune Flocken ab. Sie wurden abfiltrirt. Sie verhielten sich wie die bereits erwähnten, welche Eisen und ein leicht reducirbares Metall zu erkennen gegeben hatten. Die schwach bläuliche Farbe des Filtrats verlor sich beim Kochen. Das Filtrat wurde ungefärbt. Als es sich zu verdichten anfing, wurde es gelb, hierauf himmelblau. Nach Entweichen des Salmiaks blieb eine graue Substanz zurück.

Es wurde eine Gegenprobe gemacht. Kupferoxyd wurde

mit Ammoniak versetzt und abgedampft. Die blaue Farbe änderte sich allmälig in Gelb um. Die Masse wurde ganz gelb als der Salmiak zu entweichen anfing, und zuletzt orange. — Es zeigte sich also auch hierin eine Verschiedenheit mit dem Kupfer.

Die zurückgebliebene graue Substanz zeigte vor dem Löthrohr folgendes Verhalten. Phosphorsalz in der äufseren Flamme: hellgrünlich, so lange die Perle warm war, beim Erkalten himmelblau werdend, doch schwach gefärbt, oft ganz durchsichtig, und nur an der Stelle noch blau, an welcher die Perle an der Kohle safs; in der inneren Flamme: die Perle behält die Farbe, wird aber emaille und hierdurch undurchsichtig. Bei Zusatz von Zinn sah die Perle, so lange sie heifs war, weifs aus, beim Erkalten wurde sie roth. Borax in der äufseren Flamme: wasserhell, beim Erkalten in's Violette spielend; in der inneren Flamme: dunkelviolett, mit Zinn versetzt farblos werdend. Soda in der äufseren Flamme auf Platin: einen hellblauen Flufs gebend, in der inneren Flamme: weifs werdend.

Es war sehr wahrscheinlich, dafs dieser Körper auch in den wäfsrigen Auszügen des mit Chlor aufgeschlossenen Erzes sich befinden würde. Es wurde daher von dieser Lösung mit Ammoniak gefällt, und der Niederschlag, welcher gröfstentheils aus Eisenoxyd bestand, auf's Filter gebracht und ausgewaschen. Das Filtrat wurde jetzt zum Kochen erhitzt. Es fällten sich braune Flocken, welche wie Eisenoxyd aussahen. Sie wurden abfiltrirt, ausgewaschen und in Salzsäure gelöst. Die Lösung wurde mit Ammoniak gefällt. Es fällten sich braune Flocken, welche abfiltrirt wurden. Sie verhielten sich vollkommen wie Eisen. Das Filtrat war wasserhell. Es wurde abgedampft und der Salmiak durch Hitze verjagt. Es blieb eine schwarze, sehr leichte Substanz zurück, welche bei längerem Erhitzen gräulich wurde. Sie zeigte folgendes Verhalten vor dem Löthrohr:

Phosphorsalz in der äufseren Flamme: beim ersten Blasen wurde eine Stelle der Oberfläche mit einer metallischen

Haut überzogen. Die Perle war dunkelgrau. Beim weiteren Blasen verlor sich der metallische Ueberzug, und die Perle wurde durchsichtig und nun gräulich. Beim Erkalten wurde sie roth. Durch fortgesetztes Blasen wurde sie jedoch immer heller, und die Eigenschaft, beim Erkalten roth zu werden, verlor sich immer mehr. Es ist mir daher nicht unwahrscheinlich, dafs vorliegende metallische Substanz bei der Temperatur, welche die Löthrohrflamme hervorbringt, flüchtig ist. — Etwas davon in einer Glasröhre über einer einfachen Weingeistlampe erhitzt, konnte jedoch nicht verflüchtigt werden. — In der inneren Flamme: so lange die Perle heifs war, durchsichtig, beim Erkalten weifs, später roth werdend. Die Eigenschaft roth zu werden, verliert sich beim öfteren Wiederholen des Versuchs. Borax in der äufseren Flamme erst grau, dann rothbraun gefleckt, zuletzt farblos; in der inneren Flamme eben so. Soda, in der äufseren Flamme grauer Flufs, so lange er heifs ist, etwas in's Bläuliche gehend. — Diese Löthrohrangaben stimmen so weit mit den früheren überein, dafs man sieht, dafs ihnen ein und derselbe Körper zu Grunde liegt. Nur scheinen die letzteren Reactionen den Körper in gröfserer Reinheit gezeigt zu haben.

Ich komme jetzt zu einer anderen interessanten Beobachtung. Die durch die Behandlung mit Chlor und Chlorkalium erhaltenen wäfsrigen Auszüge wurden mit Ammoniak gefällt, und der erhaltene Niederschlag, nachdem er gehörig mit Wasser ausgewaschen worden war, mit Kalilauge gekocht. Die Flüssigkeit wurde abfiltrirt, mit Salzsäure so weit gesättigt, dafs kein Niederschlag erfolgte, und Schwefelwasserstoffgas hindurchgeleitet. Es fällte sich ein hellbrauner Niederschlag. Die Flüssigkeit hatte einen grünlichrothen Schimmer angenommen. Das braune Schwefelmetall wurde getrocknet. Von diesem Schwefelmetall wurde etwas vor dem Löthrohr geprüft. Mit Phosphorsalz zeigte sich in der äufseren Flamme sogleich ein metallischer Ueberzug, die Perle war schmutziggrün. Bei anhaltendem Blasen verschwand der metallische Ueberzug und die Perle behielt die grüne

Farbe. Es deutete diefs darauf, dafs das Metall, welches gleich anfänglich einen metallischen Ueberzug gebildet hatte, flüchtig ist. Es wurde nun die übriggebliebene Menge in eine Glasröhre gebracht und durch Erhitzen der dabei befindliche Schwefel sublimirt. Hiernächst wurde Sauerstoffgas darüber geleitet und die Substanz durch eine untergestellte Lampe erhitzt. Bei einer gewissen Hitze erglühte der Rückstand und die Röhre erfüllte sich mit einem weifsen Rauch. Es läfst sich wohl hierbei nichts anderes annehmen, als dafs durch Oxydation ein sich verflüchtigendes Oxyd gebildet worden sey. — Der zurückgebliebene schwarz aussehende Körper wurde mit Salpetersalzsäure digerirt. Ein Theil löste sich. Die Flüssigkeit wurde mit Ammoniak versetzt. Es fällte sich nichts, und die Flüssigkeit blieb klar. Hierauf wurde sie abgedampft. Es blieb eine graue Substanz zurück. Sie wurde mit Ammoniak übergossen. Sie löste sich nicht darin auf. Die Flüssigkeit war ganz ungefärbt, ohne Spur von Bläue. Sie wurde jetzt mit Salzsäure übergossen. Sie löste sich, ohne dafs die Flüssigkeit sich färbte. Die Flüssigkeit wurde abgedampft und der Salmiak verjagt. Zurückblieb eine hellbraune Substanz, welche folgendes Verhalten zeigte; Phosphorsalz in der äufseren Flamme: hellgrün, beim Erkalten bläulich werdend; in der inneren Flamme: schwach bläulich, beim Erkalten gräulich. Mit Zinn versetzt beim Erkalten roth werdend. Borax in der äufseren Flamme: hellbraun (gefleckt); in der inneren Flamme: beinahe farblos, mit Zinn unverändert. — Das in Salpetersalzsäure Ungelöstgebliebene zeigte folgende Reactionen. Phosphorsäure in der äufseren Flamme schwach grün, in der inneren Flamme heller und auf Zusatz von Zinn schmutzig grün werdend. — Das Metall, welches zu Anfang der Untersuchung dieser Schwefelverbindung den metallischen Ueberzug gegeben hatte, war also nicht wieder zum Vorschein gekommen. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dafs es sich bei der Erhitzung in der Glasröhre oxydirt und in dem angeführten weifsen Rauch verflüchtigt habe. Da nun das Pluran (dies. Annal. Bd. 13, S. 288) ein weifses verflüch-

tigbares Metalloxyd giebt, was durch Schwefelwasserstoff gefällt wird, so halte ich es nicht für unwahrscheinlich, dafs diefs leicht reducirbare Metall Pluran gewesen ist. — Ich hoffe nächstens mehr darüber berichten zu können. — Da der Hr. Prof. Claus selbst angiebt, dafs aus dem rohen Rutheniumoxyd das reine durch Salzsäure ausziehbar ist, ich aber in dem salzsauren Auszug ein Metall gefunden habe, welches hinsichtlich seiner Eigenschaften dem Iridium an die Seite gestellt werden kann, so kann begreiflicherweise mein Polin nichts anderes als Ruthenium gewesen seyn. Ich werde auf das Einzelne, wodurch sie sich beide von einander unterscheiden sollen, zurückkommen.

Würzburg, den 24. Dec. 1845.

XIV. *Ueber die Polarisation des Lichts an Metallen; von Hrn. J. Jamin.*

(*Compt. rend. T. XXII, p.* 477. Vom Verf. gemachter Auszug aus seiner Abhandlung.)

Die Versuche, welche ich die Ehre habe der Academie vorzulegen, zeigen, dafs wenn zwei Strahlen von gleicher Phase, polarisirt der eine im Azimuth 0°, der andere in dem 90°, an einem Metalle reflectirt werden, sie nach der Reflexion eine Phasendifferenz besitzen, die bei senkrechtem Einfall Null ist, mit dem Einfallswinkel zunimmt, und unter dem Einfall 90° einer halben Undulation gleich wird. Von diesem sehr allgemeinen Gesetze ausgehend, kann man leicht die Werthe der Phasendifferenzen für eine grofse Zahl von Einfallswinkeln finden.

Richten wir ein in irgend einer Ebene polarisirtes Lichtbündel auf einen Metallspiegel, so kann dasselbe immer als zerlegt in zwei nach den Azimuthen 0° und 90° polarisirten Strahlen angesehen werden; und wenn man ihn abermals an Spiegeln aus derselben Substanz, die dem er-

sten parallel sind, reflectiren läfst, so erleiden sie jedesmal dieselbe Einwirkung von seiten des Metalls, so dafs sie nach 2. 3, 4... m Reflexionen Phasendifferenzen besitzen, die gleich sind 2, 3, 4... m Mal denen, welche ihnen eine einzige Reflexion gegeben hatte. Wenn man also die ersten bestimmen kann, braucht man sie nur durch die Anzahl der Reflexionen zu dividiren, um die zweiten zu erhalten. In gewissen besonderen Fällen wird diese Bestimmung sehr leicht.

Durch die Versuche von **Brewster** wissen wir, dafs ein Lichtstrahl, nachdem er mehrmals an Metall reflectirt worden, im Allgemeinen elliptisch polarisirt ist, dafs er aber bei gewissen besonderen Werthen des Einfallswinkels, deren Anzahl gleich ist der der Reflexionen vermindert um eine, wieder geradlinige Polarisation erhält. Damit nun zwei unter sich rechtwinklich polarisirte Strahlen von verschiedenen Phasen bei ihrer Wiedervereinigung einen geradlinig polarisirten Strahl darstellen, müssen die Unterschiede zwischen ihren Phasen gleich seyn:

$$\frac{\lambda}{2} \text{ oder } \frac{2\lambda}{2} \text{ oder } \frac{3\lambda}{2}, \ldots (m-1)\frac{\lambda}{2}.$$

Wenn also die Polarisation nach m an einem selben Metall bewerkstelligten Reflexionen wieder eben geworden ist, so geschieht es, weil die Phasendifferenz der rechtwinklich polarisirten Strahlen einem Multiplum von halben Wellenlängen gleich geworden ist. Diefs Multiplum kann man nun folgendermafsen bestimmen. Wir wissen, dafs, bei einer einzigen Reflexion, die Phasendifferenz zunimmt von der Incidenz 0°, wo sie Null ist, bis zu der von 90°, wo sie $\frac{1}{2}\lambda$ wird. Für einen Winkel nahe an 0°, welcher die ebene Polarisation nach m Reflexionen wieder herstellt, wird die Phasendifferenz also $\frac{1}{2}\lambda$ seyn, für den darauf folgenden: $2.\frac{1}{2}\lambda$, und so fort, bis zu dem nächsten an der Incidenz 90°, wo sie $(m-1).\frac{1}{2}\lambda$ seyn wird.

Für eine einzige Reflexion unter denselben Winkeln wird man dann folgende Werthe der Phasendifferenz haben:

$$\frac{1}{m}\frac{\lambda}{2}, \frac{2}{m}\frac{\lambda}{2}, \frac{3}{m}\frac{\lambda}{2}, \ldots \frac{m-1}{m}\frac{\lambda}{2}.$$

Man sieht, man braucht nur die Winkel der wieder hergestellten Polarisation zu messen und die Menge der Reflexionen zu zählen, um daraus die jedem dieser Einfallswinkel entsprechenden Phasendifferenzen in Function von $\frac{1}{2}\lambda$ abzuleiten.

In meiner Abhandlung weise ich die experimentellen Methoden nach, die ich zur Verwirklichung dieser Bestimmungen angewandt habe; hier begnüge ich mich, die Resultate anzugeben, zu denen ich durch Anwendung von Silberspiegeln gelangt bin. Neben den beobachteten Zahlen findet man berechnete, die durch eine empirische, folgendermafsen aufgestellte Formel erhalten wurden.

Ich suchte den Winkel des Polarisationsmaximum, und fand ihn für Silberspiegel gleich 72°. Ich nahm an, der Refractionsindex könne durch die Tangente dieses Winkels vorgestellt werden, und setzte die Formel:

$$tang\, 72^0 = n.$$

Der Refractionswinkel ist durch die gewöhnliche Formel $sin\, i = n\, sin\, r$ gegeben. Endlich berechnete ich die Relation:

$$tang\, A' = \frac{cos\,(1+r)}{cos\,(1-r)},$$ und der Ausdruck $\frac{45 - A'}{90} \cdot \frac{\lambda}{2}$

gab mir die berechneten Resultate der Tafel.

Bei Anwendung von Platten aus Kupfer, Zink und Spiegelmetall lieferte mir diese Formel sehr übereinstimmende Resultate. Stahl gab Zahlen, die merklich von obiger Formel abwichen, ohne dafs jedoch die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung sehr ausgedehnt gewesen wären.

Vor meinen Versuchen und durch ein ganz anderes Verfahren hat Hr. Senarmont unter verschiedenen Einfallswinkeln die Phasendifferenzen beim Stahl bestimmt [1]). Die Resultate, welche ich erhielt, stimmen vollkommen mit den seinigen. Endlich habe ich diesem Auszuge die von Hrn. Brewster durch einige Versuche beim Stahl gefundenen Zahlen beigefügt, und auch diese stimmen genau mit den nach der Formel berechneten.

1) Annalen, Ergänzbd. I, S. 451.

Phasendifferenzen beim Silber.

Incidenzen.	Beobacht	Berechnet.	Incidenzen.	Beobacht.	Berechnet.
84° 30′	0,833	0,825	55° 26′	0,250	0,244
83 50	0,800	0,804	53 30	0,222	0,223
81 20	0,750	0,732	50 37	0,200	0,195
81 20	0,714	0,732	48 0	0,181	0,172
80 20	0,700	0,702	46 35	0,180	0,160
79 2	0,666	0,673	43 50	0,143	0,139
77 38	0,626	0,630	41 15	0,125	0,121
76 42	0,600	0,606	39 10	0,111	0,108
75 57	0,572	0,590	37 10	0,100	0,096
74 45	0,575	0,560	35 40	0,091	0,087
74 5	0,545	0,554	34 15	0,080	0,080
72 0	0,500	0,500			
70 30	0,454	0,469			
69 15	0,444	0,444			
69 0	0,429	0,440			
67 25	0,416	0,411			
66 29	0,400	0,396			
64 40	0,375	0,366			
64 0	0,363	0,356			
62 31	0,333	0,334			
60 10	0,300	0,300			
59 35	0,286	0,293			
57 40	0,272	0,268			

Stahl, nach Hrn. Brewster.

Incidenzen.	Beobacht.	Berechnet.
86° 0′	0,833	0,843
84 0	0,800	0,769
82 20	0,750	0,707
79 0	0,666	0,606
75 0	0,500	0,500
62 20	0,250	0,248
56 25	0,200	0,211
52 20	0,166	0,174

XV. *Ueber den Brewster'schen Neutralpunkt; von Hrn. Babinet.*

(*Compt. rend. T. XXIII, p.* 233.)

Die merkwürdige Reinheit der Atmosphäre am 23. Juli d. J. veranlaſste mich, den von Hrn. Brewster in gewissen Höhen zwischen der Sonne und dem Horizont entdeckten Punkt ohne Polarisation aufzusuchen. Wenn man zuvörderst den directen Effect betrachtet, den die Beleuchtung der Sonne auf die unter ihr liegenden Lufttheilchen ausübt, so findet man, daſs die Polarisation, welche in der Nähe dieses Gestirns Null ist, allmälig zunimmt in dem Maaſse als die Lufttheilchen ferner von ihm liegen und sich mehr dem Horizont nähern. Offenbar ist die Richtung die-

ser Polarisation gegeben durch die verticale Ebene, welche die Sonne und die beleuchteten Theile enthält. Erwägt man andererseits die secundäre Beleuchtung, welche dieselben Lufttheilchen durch den Reflex der übrigen Atmosphäre, die ihnen horizontal polarisirtes Licht zuschickt, empfängt, so sieht man, dafs die horizontale Polarisation vorwalten mufs in der Nähe der Sonne, wo sie nicht neutralisirt wird durch die verticale Polarisation, welche die Sonne an den unter ihr und hinreichend entfernt liegenden Lufttheilchen ausübt. Weiter unten, wo die verticale Polarisation, welche aus der directen Beleuchtung entspringt, stärker geworden ist, neutralisirt sie den Reflex der Atmosphäre, wo eine horizontale Polarisation vorwaltet, und man hat einen neutralen Punkt. Noch näher dem Horizont endlich wächst die verticale Polarisation mit der Schiefe der directen Sonnenbeleuchtung, und überwiegt daher die horizontale Polarisation der von der Atmosphäre reflectirten Strahlen, welche dieselben unterhalb der Sonne nahe am Horizont liegenden Punkte secundär beleuchten. Man hat also dicht unter der Sonne eine horizontale Polarisation, dann einen neutralen Punkt und darauf eine verticale Polarisation. Ist das Sonnenlicht durch eine niedrige und hinlänglich durchscheinende Wolkenschicht geschwächt, so beobachtet man mit Erstaunen in der Nähe der Sonne diese aus dem Reflex der Atmosphäre entspringende horizontale Polarisation, welche die Streifen des Polariskops in einer Gegend sichtbar macht, wo man sie zu finden nicht gewohnt ist.

Das Polariskop, dessen ich mich am 23. Juli bediente, ist das von Savart; es ist das einzige, welches den Neutralpunkt des Hrn. Brewster und selbst den meinigen, kurz jeden andern als den des Hrn. Arago erkennen läfst. Bekanntlich sind die Farbenstreifen, welche dieses Instrument im polarisirten Lichte giebt, nicht genau parallele Linien. Es ist nicht gleichgültig, die Streifen mit ihrer divergirenden oder convergirenden Richtung nach der einen oder anderen Seite zu wenden. Man mufs die Lage wäh-

len, welche den Streifen die gröſste Deutlichkeit giebt, indem man das Polariskop eine halbe Umdrehung machen läſst.

Als ich am 23. Juli die Polarisation der unterhalb der Sonne liegenden Himmelsgegend von halber zu halber Stunde beobachtete, schien sich die Regelmäſsigkeit derselben nach vier Uhr zu ändern, und von einem Viertel vor fünf bis einem Viertel nach fünf konnte ich, indem ich die Streifen horizontal legte, beobachten: 1) einen Raum ohne Polarisation unter der Sonne, 2) unter diesem Raum einen zweiten, wo sich die Streifen ohne alle Unsicherheit beobachten lieſsen, 3) noch weiter unten einen neutralen Punkt, wo keine Streifen erschienen, 4) endlich, bis hinab zum Horizont, einen vierten Raum, wo die Streifen sehr sichtbar waren, und von rechts nach links gingen, ohne in dem Punkt unmittelbar unter der Sonne sehr schwach zu werden. Als ich zur Gegenprobe die Streifen vertical stellte und von der Sonne zum Horizont hinabging, so gewahrte ich eben so, erstlich in der Nähe der Sonne den Raum ohne Polarisation, darauf schwache, aber gut sichtbare Streifen, unterbrochen in geringem Abstande darunter, durch einen neutralen Raum, auf welchen abermals Streifen folgten, deren unteres Ende den Horizont erreichte. Das Phänomen ist also nicht zweifelhaft; allein der auſserordentliche Glanz der Sonne an einem heiteren Tage, die intensive Beleuchtung der Atmosphäre an dem unmittelbar darunter liegenden Theil des Himmels, der Reflex der stark erhellten Erde, Alles dieses trägt dazu bei die Beobachtung schwierig und für das Auge anstrengend zu machen, selbst wenn man die Vorsicht gebraucht, den Kopf und das Polariskop vor den directen Sonnenstrahlen und dem Reflex der Erde zu schützen. Eine groſse Höhe der Sonne würde die horizontale Polarisation des unter der Sonne von der Atmosphäre reflectirten Lichts sehr schwächen und dadurch den neutralen Punkt undeutlich machen. Ohne Zweifel ist Hr. Brewster bei seiner Untersuchung durch theoretische Ansichten geleitet worden; mir scheint es wenig wahr-

wahrscheinlich, dafs er durch Beobachtung allein die merkwürdige Entdeckung dieses so schwer zu erkennenden Neutralpunkts gemacht haben sollte; ich habe denselben noch nach der Zeit mehrmals vergeblich aufgesucht. Am 23. Juli war der Himmel bis zum Moment der gröfsten Hitze des Tages sehr blau; allein um 5 Uhr ward er weifslich in Folge von Dampf, welcher bekanntlich die Durchsichtigkeit der Luft erhöht; es schien mir nicht, dafs dieser Dampf die Polarisation des Himmels störte oder sich unter diesem Gesichtspunkt anders erhellte als reine azurne Luft. Die kleine Menge polarisirten Lichts, die man zwischen den Neutralpunkt Brewster's und der Sonne beobachtet, scheint mir fast die Gränze dessen, was man beobachten kann, zu erreichen, und vielleicht überschreitet sie die Gränze des Mefsbaren. Späterhin werde ich das Verfahren beschreiben, welches ich anwende, um an verschiedenen Theilen des entweder rein blauen, oder durch beigemengte Dämpfe weifslichen Himmels die Quantität der Polarisation zu messen.

XVI. *Sonnenringe, beobachtet am 22. April 1846 zu Paris von Hrn. Bravais.*

Das Phänomen bestand 1) aus einem gewöhnlichen Ringe, dessen Radius, gerechnet vom Centrum der Sonne bis zum inneren Rand des (nur blassen) Ringes, 21° 46′ betrug (nach zwei Messungen mit einem Sextanten), und 2) aus zwei sehr hellen Bogen, die den Ring an seinem oberen und unteren Culminationspunkt berührten, ihre concaven Seiten demselben zuwandten, und sonach eine Ellipse bildeten, deren kleine Axe vertical, und deren grofse Axe fast horizontal war. Zwei Messungen, eine am östlichen Radius, die andere am westlichen, gaben für die halbe grofse Axe, gerechnet vom Centrum der Sonne bis zum inneren Rand der Ellipse, dem Winkel 27° 16′; es war 10^h 32′ Morgens die Höhe der Sonne betrug also 49° 4′.

Die elliptischen Bogen waren an den Berührungspunkten gleichsam mit dem Ringe zusammengelöthet, der obere auf einer Strecke von 70° (35° auf jeder Seite der Verticale), der untere, eben so gerechnet, auf einer von 60°. In dieser Ausdehnung zeigten sie schöne Farben, von innen aus: roth (mit einem sehr hervortretenden falben Ton), gelb, grün und (sehr schwach, schwer erkennbar) bläulich. Von da wo die Bogen sich vom Ringe trennten, verschwanden die Farben, und an deren Statt trat ein weifsliches, viel schwächeres Licht, so dafs das Meteor für einen wenig aufmerksamen Beobachter sich auf einen horizontalen Bogen über der Sonne und einen solchen unter derselben reducirte. Der Raum zwischen dem kreisrunden Ringe und dem ihn einfassenden elliptischen war von einem weifslichen Licht von geringerer Helligkeit als der Bogen erfüllt.

Das Phänomen erklärt sich sehr gut durch die Annahme, dafs ein beträchtlicher Antheil der dasselbe erzeugenden Eisprismen ihre Axen horizontal liegen hatten. Diese Prismen mit horizontalen Axen bilden die tangirenden Bogen, die sich zu einer Ellipse vereinigen. Hr. B. berechnete den grofsen Radius der Ellipse, und fand ihn 27° 59′. Nennt man R diesen Radius, H die Höhe der Sonne und φ einen Hülfswinkel, so hat man:

$$\cos(\varphi + 30^\circ) = \frac{\cos 30^\circ}{\sin H}\sqrt{\sin(H + 29^\circ\ 15')\ \sin(H - 29^\circ\ 15')}$$

$$\sin \tfrac{1}{2} R = \sin \varphi \sin H.$$

Der kleine Unterschied zwischen dem beobachteten Winkel 27° 16′ und dem berechneten 27° 59′ kann herrühren von der in der Rechnung vernachlässigten Gröfse des Sonnenhalbmessers, von der Dispersion des Lichts und von nicht gänzlicher Horizontalität der Axen der im Vertical der Sonne liegenden Prismen. Im Ganzen stimmt die Messung vollkommen mit der von Th. Young gegebenen, von Brandes und Galle weiter entwickelten Theorie der tangirenden Bogen (*Compt. rend. T. XXII, p.* 740).

XVII. *Bericht über eine das subhercynische Hügelland betreffende geologische Untersuchung des Hrn. Frapolli.*

— Hr. Frapolli aus Mailand hat in der Sitzung der Königl. Academie vom 30. Juli d. J. eine geologische Karte des sich zwischen der Wipper und der Holzemme erstrekkenden subhercynischen Hügellandes vorgelegt. Diese Karte ist im Maafsstabe von $\frac{1}{50000}$, nach den neuesten vom Staate bewirkten Aufnahmen, und mit vielseitiger Berichtigung derselben gezeichnet; die verschiedenen geologischen Massen, so wie deren Unterabtheilungen, sind daselbst zum Behufe einer Bestimmung der Diluvialbildungen mit der gröfstmöglichen Sorgfalt aufgetragen.

Um das richtige Verhältnifs der äufseren Oberfläche zu den geologischen Bestandtheilen des Bodens deutlich hervorzuheben, zeigte der Verfasser mehrere von ihm trigonometrisch gemessene und aufgenommene Durchschnitte, worunter einer, der zu wiederholten Malen das Streichen aller geologischen Gebilde des untersuchten Landstrichs quer durchsetzt. Zur Grundlage dieses Hauptdurchschnitts, der sich von der Rofstrappe bis zum Hakelwalde in einer Länge von mehr als zwei und einer halben deutsch-geographischen Meile erstreckt, hat der durch die Arbeiten von Villefosse und von Hoffmann bereits bekannte Wasserspiegel der Bode gedient. Derselbe Durchschnitt ist auf $\frac{1}{12500}$ der Natur und mit einfachem Höhenmaafsstabe gezeichnet; die Messungswinkel, die Neigungswinkel der Oberfläche, die Gränzen der geologischen Abtheilungen auf denselben, und die Winkel des Einfallens der Schichten sind darauf angegeben.

Als ein Beispiel und zur Berechnung der durch die geologischen Denudationen von den stehenden Schichten abgerissenen Massenmenge hat Herr Frapolli die Durchschnitte eines Trapez, dessen Seite etwa 500 Ruthen lang

ist, möglichst genau aufgenommen. Zu dieser Berechnung ist eine dazu am besten geeignete Stelle gewählt, wo die noch stehenden Ueberreste der zerstörten Schichten sich dem Auge des Beobachters als unwiderlegliche Zeugen der grofsen Catastrophen darbieten. Dadurch wird eine, wenn auch nur annähernde Schätzung des Verhältnisses der abgeschwemmten Massen zu den angeschwemmten Gebilden des platten Landes möglich. Der Verfasser hat hier einige auf bestimmte Beobachtung gegründete Zahlen gegeben, welche in Bezug auf Deutschland als Beitrag dienen dürften zu einer allgemeinen Berechnung, wie sie der in alle höheren wissenschaftlichen Fragen tief eingreifende Geist eines grofsen Deutschen schon längst für Frankreich entworfen hat.

Viele nach vorläufiger Bestimmung der Winkel, und der Genauigkeit wegen durch Vierecke vom Verfasser selbst aufgenommene Landschaften, Umrisse und Vignetten dienen zur Erläuterung und augenscheinlichen Vergegenwärtigung der merkwürdigeren geologischen Vorkommnisse. Unter diesen giebt ein Panorama den perspectivischen Ueberblick eines grofsen Theils der untersuchten Gegend; den Harz, Blankenburg und Ballenstedt zu seiner Rechten, Halberstadt, den Huy- und Hakelwald zu seiner Linken, sieht man vor sich auf diesem Panorama den ganzen zwischenliegenden Landstrich in einer Entfernung von mehr als vier Meilen. Neun gleichlaufende Hügelreihen leiten das Auge des Beobachters nach dem fernen Hintergrunde. Diese Ketten, gleich unzerstörbaren Merkmalen der grofsen Wirkungen der Auswaschung und des steten Uebereinstimmens des äufseren Reliefs mit den inneren geologischen Verhältnissen des Bodens, geben dem Forscher einen Wink über die Art, nach welcher die Natur in der allmäligen Gestaltung der Erdrinde zu Werke gegangen.

Aus den vorgelegten Arbeiten des Hrn. Frapolli ergab sich, dafs er seine Beobachtungen auf die vier folgenden Hauptpunkte gerichtet hat:

1) Auf eine monographische Beschreibung des untersuchten Landstrichs.

2) Auf Vorkommnisse, welche zu vielseitigen Betrachtungen über die Lage der neptunischen Schichten und ihres Verhältnisses sowohl zu den allgemeinen geogenischen und geomorphischen Bewegungen der zusammensetzenden Theile unseres Erdballs, als auch zu den massigen oder plutonischen Gebirgen führen.

3) Auf die Untersuchung der Ursachen, welchen man die Entstehung der Gypse, des Dolomits, des Steinsalzes verdankt.

4) Auf die Frage: Was eigentlich die Diluvialbildungen seyen; ob es eine oder mehrere gebe; woher sie kommen, und wie sie auf einander gefolgt seyen.

Wir werden im nächsten Hefte auf diese Arbeiten zurückkommen, und eine Darstellung der Hauptschlüsse geben, zu welchen Hr. Frapolli geführt wurde.

XVIII. *Meteorologische und hypsometrische Beobachtungen aus Guatemala; von Hrn. Bailly.*

(Aus einem Schreiben an Hrn. A. v. Humboldt.)

Guatemala, 23. April 1846.

— In der Voraussetzung, dafs die Resultate einer Reihe meteorologischer Beobachtungen aus einem Lande, welches, obwohl zwischen zwei andern in Ihren Werken so trefflich geschilderten liegend, doch noch von keinem wissenschaftlichen Reisenden besucht worden, und in Europa nicht so bekannt ist als es zu seyn verdient, Ihnen angenehm seyn werden, wird es, glaube ich, keiner Entschuldigung bedürfen, wenn ich Ihnen einen Abrifs von Thermo- und Barometer-Beobachtungen übersende, die ich während des letzten Jahres in dieser Stadt angestellt habe.

Schon früher hatte ich, so viel ich konnte, dergleichen Data gesammelt, und sie für eine Periode von zwei Jahren in regelmäfsige Tafeln gebracht; allein später, i. J. 1829, verlor ich alle meine Papiere in einem der vielen politi-

schen Stürme, die Central-Amerika heimgesucht und so vielen Vandalismus hervorgerufen haben. Seit dem Anfang des Jahres 1845 habe ich meine Aufmerksamkeit wiederum auf den Gegenstand gelenkt, und ich denke darin fortzufahren, so lange als Gesundheit und Umstände es mir erlauben. Die Beobachtungen haben, wie ich anzunehmen wage, einigen Anspruch auf Genauigkeit. Sie sind mit Sorgfalt drei Mal täglich angestellt, Morgens 8 Uhr, Nachmittags 3 und 10 Uhr, Stunden, die das mit großser Regelmäfsigkeit eintretende Maximum und Minimum des Barometers einschliefsen. Die Barometer sind von Dollond verfertigt; sie folgen den Veränderungen des atmosphärischen Drucks mit Leichtigkeit, und können als gute Instrumente betrachtet werden. Die geographische Länge habe ich aus einer Reihe zu verschiedenen Zeiten genommener Monddistanzen hergeleitet; ich halte die Bestimmung innerhalb ein oder zwei Minuten für genau. Aus Mangel an einem Pluviometer bin ich bisher noch nicht im Stande gewesen die Regenmenge in den Tafeln angeben zu können, werde aber für die nächste Regenzeit (die in jedem Jahr mit fast ungestörter Regelmäfsigkeit um die Mitte des Mai beginnt und im October endet) diese Lücke ausfüllen können.

Die in den Tafeln gegebenen Resultate sind die monatlichen Mittel der drei täglichen Beobachtungen an den Barometern und Thermometern. Aus diesen habe ich mit Hülfe der Oltmans'schen Tafeln die Meereshöhe der Stadt Guatemala herzuleiten gesucht; allein diese Bestimmung ist möglicherweise einem kleinen Fehler ausgesetzt, indem ich, in Ermanglung einer directen Angabe für den Meeresspiegel der Tropenzone, den Barometerstand daselbst zu 30 Zoll engl. oder 762 Millimeter, und den Stand beider Thermometer zu 55° F. oder 12°,8 C. angenommen habe, wie es oft in Europa geschehen ist. Wie auch der Fehler seyn mag: ich mufs mich damit begnügen, die für die einzelnen Monate berechneten Höhen zu übersenden, die nicht genau übereinstimmen.

Eine ähnliche Abweichung findet hinsichtlich der Höhe des bekannten *Volcano de Agua*, des höchsten Berges in Central-Amerika, statt. Am 2. Dec. 1825 übernachtete ich auf diesem Vulcan; mein Barometer war leider nur bis zu 18,5 Zoll getheilt, und deshalb unbrauchbar; ich bestimmte indefs um 5 Uhr Morgens den Siedpunkt des Wassers, und fand ihn bei 186° F., während ein anderes Thermometer die atmosphärische Temperatur zu 34° angab.

Am 27. Febr. 1836 ward dieser Gipfel von Velasquez de Leon, einem Herrn aus Mexico, erstiegen, dessen Beobachtungen mir seitdem durch eine Person aus dieser Stadt wie folgt mitgetheilt wurden: An dem höchsten Punkt zeigte das freie Thermometer 48° F., das angeheftete 53°,5, das Barometer (ein Fortin'sches von Carry in London) 17,946 Zoll englisch, der Siedpunkt war 180° F. Aus diesen Daten und dem Barometerstand am Meere zu 30 Zoll engl. bei 55° F. ergiebt sich die Höhe des Berges zu 14097,5 Fufs engl. [1]). Hinsichtlich des Siedpunkts halte ich die Beobachtung des Hrn. Velasquez für zuverlässiger als meine eigene, bei welcher ich das Instrument nur in einen gewöhnlichen Chocoladen »Batidor« tauchte,

1) Also 2203 Toisen? Er reicht also noch nicht in die ewige Schneeregion, deren untere Gränze ich in dem Mexicanischen Gebirge unter 19° Breite in 2312 T. mittlerer Höhe finde (*Asie centrale*, *T. III*, *p.* 272). Buch sagt (*Juarros* in dem *Compendio de la Historia de Guatemala*, *T. I*, *p.* 72—85, *T. II*, *p.* 351), dafs der Volcan de Agua nur einige Monate im Jahre beschneit wäre. Der Volcan de Agua liegt in der vulkanischen Kette von Guatemala zwischen dem Volcan de Pacaya und dem Volcan de Fuego, welchen man gewöhnlich schlechthin den Volcan de Guatemala nennt. Durch einen Ausbruch von Wasser, Schlamm und Felsstücken hat der Volcan de Agua den 11. September 1541 die Ciudad Vieja oder Almalonga (die alte Hauptstadt des Landes, die man aber nicht mit der Antigua-Guatemala verwechseln mufs) zerstört (*Rel. hist. T. III*, *p.* 209). Ueber die eigentliche Höhe des Volcans de Agua hat bisher viel Unsicherheit geherrscht. Basil Hall glaubte dieselbe 13983 franz. F. zu finden, Poggendorff aus demselben Winkel aber 2057 Toisen. Vergl. Leop. de Buch, *Descript. phys. des Iles Canaries* 1836, *p.* 512.

v. H.

in welchem Wasser zum Sieden gebracht war, ein Verfahren, in welches, glaube ich, nicht viel Zutrauen zu setzen ist. Wenn, wie der verstorbene **Wollaston** angiebt, ein Grad Unterschied im Siedpunkte durch einen barometrischen Unterschied von 0,589 Zoll veranlafst wird, und dieser einem Unterschied von nahe 520 Fufs in der Höhe entspricht, so würde diese für so genau gehaltene Methode der Höhenbestimmung sehr bedeutend von der barometrischen abweichen. Verschiedene Umstände haben mich bisher abgehalten eine trigonometrische Messung dieses Berges vorzunehmen, doch hoffe ich eine solche in einigen Monaten ausführen zu können, und werde mir dann das Vergnügen machen, Ihnen die Resultate derselben durch das preufsische Consulat in dieser Stadt zu übersenden.

Abrifs eines meteorologischen Tagebuchs, geführt im Jahr 1845 in der Stadt Guatemala, Breite 14° 36′ N., Länge 90° 28′ W. von Greenwich.

Thermometer, Fahrenheit.

	Das freie. Mittel.	Das am Barometer.	Höchste Temp. im Monat. 3 Uhr Nachm.	Niedrigst. Temp. im Monat.	Unterschied gröfst. im Monat	Unterschied gröfster im Tage	Unterschied kleinst. im Tage.	Unterschied d. tägl. Veränderungen.
Jan.	65°,98	65°,79	71,0	61,0	10,0	8,0	2,0	6,0
Febr.	65 ,8	65 ,6	72,0	61,0	11,0	7,0	3,0	4,0
März	68 ,96	68 ,90	75,5	63,5	12,0	8,0	2,5	5,5
April	71 ,25	70 ,81	76,0	67,5	8,5	5,5	3,0	2,5
Mai	70 ,42	70 ,43	74,5	67,5	7,0	5,0	1,0	4,0
Juni	71 ,11	69 ,74	73,5	66,5	7,0	4,5	1,5	3,0
Juli	69 ,3	69 ,11	73,5	66,5	7,0	4,0	1,5	2,5
Aug.	69 ,13	69 ,1	73,0	66,0	7,0	4,5	1,5	3,0
Sept.	68 ,88	68 ,82	73,5	66,5	7,0	4,5	0,5	4,0
Oct.	68 ,71	67 ,72	73,62	62,0	11,0	5,0	2,0	3,0
Nov.	67 ,19	66 ,15	71,5	59,5	12,0	7,5	3,0	4,5
Dec.	66 ,2	66 ,1	73,0	60,0	13,0	8,5	3,5	5,0

Barometerstand, engl. Zoll.

	Allgemeines Mittel.	Max. Mittel 8 Uhr Morgens.	Min. Mittel 3 Uhr Morgens.	Schwankung größte im Monat.	größte im Tage.	kleinste im Tage	Unterschied der täglichen Schwankung.
Januar	25,690	25,830	25,540	0,290	0,150	0,046	0,104
Febr.	25,691	25,820	25,538	0,282	0,158	0,062	0,096
März	25,626	25,784	25,488	0,296	0,132	0,054	0,078
April	25,579	25,698	25,478	0,220	0,142	0,066	0,076
Mai	25,556	25,692	25,466	0,226	0,138	0,026	0,112
Juni	25,580	25,640	25,494	0,154	0,118	0,058	0,060
Juli	25,604	25,688	25,520	0,168	0,124	0,056	0,068
August	25,616	25,716	25,504	0,212	0,120	0,068	0,052
Sept.	25,580	25,650	25,480	0,170	0,136	0,076	0,060
October	25,593	25,744	25,488	0,256	0,138	0,066	0,072
Nov.	25,616	25,714	25,504	0,210	0,140	0,072	0,068
Dec.	25,639	25,768	25,502	0,266	0,154	0,066	0,088

Meereshöhe der Stadt Guatemala.

	Thermometer freies.	Thermometer am Barom.	Barometer. engl. Zoll.	Fuſs engl.	
Januar	65°,98	65°,79	25,690	4298,5	
Februar	65 ,8	65 ,6	25,691	4301,10	
März	68 ,96	68 ,9	25,626	4381,11	
April	71 ,25	70 ,81	25,579	4429,9	
Mai	70 ,42	70 ,43	25,556	4453,5	
Juni	71 ,11	69 ,74	25,580	4432,1	
Juli	69 ,3	69 ,11	25,604	4408,10	
August	69 ,13	69 ,10	25,616	4394, 8	
September	68 ,88	68 ,82	25,580	4425,10	
October	68 ,71	67 ,72	25,593	4416,8	
November	67 ,19	66 ,15	25,616	4392,1	
December	66 ,2	66 ,11	25,639	4358,3	
Mittel	68 ,57	66 ,19	25,614	4388,1	(berechnet)
Mittel aus den 12 Monaten				4391,15	

XIX. *Meteorologische Beobachtungen, angestellt i. J. 1845 zu Gongo Soco in Brasilien.*

Gongo Soco, einer der Orte in Brasilien, wo gegenwärtig eine englische Gesellschaft Bergbau auf Gold treiben läfst, liegt in der Provinz Minas Geraës, etwa 48 engl. Meilen von der Stadt Ouro Preto (Villa Rica) unter 19° 58′ 30″ Süd und 43° 30′ West v. Greenw., in einem Thale, das im Norden von dem bewaldeten Gebirgszug von Tejuco und im Süden von den hügligen grasigen Tiefländern begränzt wird. Letztere werden in der Entfernung von 8 engl. Meilen durch die Bergkette des Caraças geschlossen, welche 4- bis 5000 Fufs aus der Ebene emporsteigt. Barometermessungen geben Gongo Soco eine Höhe von 3360 Fufs engl. über dem Meere bei Rio Janeiro.

Die Beobachtungen wurden von Hrn. Henwood (*Chief Commissioner of the Gold Mines of Gongo Soco and Catta Preta*), unterstützt von einigen Bergwerks-Beamten, angestellt und in dem *Phil. Mag. Ser. III, Vol. XXVIII, p.* 364, veröffentlicht, aus welcher Quelle die nachstehenden Zahlen entlehnt sind. Das Thermometer, eins von der *British Association* geliefertes, war in einer vielfach durchlöcherten Holzbüchse eingeschlossen, hing sechs Fufs über dem Boden, in einem nach allen Seiten offenen Schuppen, wohl geschützt sowohl vor den directen als vor den reflectirten Sonnenstrahlen.

Monatliche Mitteltemperaturen, Fahrenheit.

1845.	6h V. M.	9h V. M.	Mittag.	4h N. M.	6h N. M.	8h N. M.	9h N. M.	Mitternacht.	Mittel
Januar	66°,7	70°,0	75°,5	75°,9	73°,2	71°,0	68°,5	67°,8	71°,07
Febr.	67 ,2	70 ,0	75 ,4	76 ,6	73 ,4	71 ,0	68 ,3	68 ,1	71 ,25
März	66 ,3	68 ,6	73 ,3	74 ,8	73 ,0	70 ,1	69 ,0	66 ,5	70 ,20
April	65 ,3	67 ,7	71 ,6	72 ,5	70 ,0	68 ,1	67 ,1	66 ,2	68 ,65
Mai	61 ,3	65 ,4	70 ,8	71 ,5	67 ,5	64 ,3	62 ,9	62 ,3	65 ,75
Juni	52 ,9	60 ,0	67 ,7	68 ,5	62 ,4	58 ,4	56 ,3	55 ,4	60 ,20
Juli	54 ,6	58 ,9	65 ,2	66 ,2	61 ,8	58 ,1	56 ,2	55 ,2	59 ,52
August	58 ,0	61 ,9	69 ,1	70 ,7	66 ,8	62 ,9	62 ,4	58 ,7	63 ,81
Sept.	59 ,4	63 ,0	69 ,9	70 ,8	67 ,8	63 ,5	62 ,8	60 ,2	64 ,67
October	64 ,7	68 ,8	75 ,7	76 ,3	73 ,2	69 ,5	67 ,5	65 ,8	70 ,20
Nov.	66 ,8	71 ,3	77 ,3	77 ,8	74 ,9	71 ,7	70 ,4	67 ,5	72 ,19
Dec.	66 ,2	71 ,3	77 ,8	77 ,5	76 ,0	71 ,4	70 ,0	67 ,4	72 ,20
Mittel	62°,45	66°,39	72°,44	73°,26	70°,0	66°,66	65°,11	63°,42	67°,46

Das allgemeine Mittel des ganzen Jahres ist also 67°,46.

Regenmenge.

Jan.	23,32	Zoll	Mai	1,60	Zoll	Sept.	3,88	Zoll
Febr.	23,03	-	Juni	1,09	-	Oct.	9,14	-
März	12,84	-	Juli	1,28	-	Nov.	27,0	-
April	8,06	-	Aug.	1,05	-	Dec.	12,46	-

Gesammtmenge im J. 1845: 124,75 Zoll engl.

Obwohl die Regengüsse zuweilen sehr heftig sind, so hat Hr. H. doch keine erlebt, die mit den von Prof. Forbes angeführten (*Reports of the British Associat.*, 1832, *p.* 252, und 1840, *p.* 113) zu vergleichen wären. Die schwersten Schauer, die er erlebte, erfolgten:

13. Jan.	6h N.M.,	wo	1,12	Zoll in	1	Stunde fielen
17. -	2	- - -	0,72	- -	20	Minut. -
13. Nov.	4	- - -	1,04	- -	17	- -
24. -	5	- - -	1,2	- -	25	- -
25. -	2	- - -	2,24	- -	1¼	Stunde -

Die stärksten Regen innerhalb 24 Stunden erfolgten am 22. Febr. (3,92 Zoll) und 26. Nov. (3,76 Zoll).

Zu Anfange der nassen Jahreszeit gehen schwere Gewitter dem Regen mehre Tage lang voran; sie beginnen meistens am Nachmittag, hören aber gewöhnlich gegen Abend

auf. So wie die Jahreszeit vorrückt, treten sie täglich später ein, und gegen das Ende derselben erscheinen sie sehr unregelmäſsig.

Vom April bis August fällt gewöhnlich nur wenig Regen; der Landmann benutzt die anhaltende Dürre, um die trocknen Strünke von Mais und Bohnen zu verbrennen, und seinen Acker zum Behufe des Umpflügens zu säubern; dadurch wird die Atmosphäre im August und September auf mehre Wochen mit Rauch erfüllt, und in dieser Zeit sind heftige Gewitter und schwere Regenschauer häufig [1]).

Zu Ende Januars und Anfang Februars hört der Regen gewöhnlich ein Paar Wochen auf, um anhaltend wolkenlosem Sonnenschein (*Veronica*) Platz zu machen; allein i. J. 1845 trat diese Periode nicht ein.

Eine Regenzeit geht selten ohne schwere Hagelwetter vorüber; i. J. 1844 erlebte Hr. H. deren zwei, im Jahre darauf erschienen keine, wohl aber in der Nachbarschaft sehr heftige.

XX. *Magnetische Inclinationen, beobachtet auf einer Reise nach dem Reiche Schoa.*

Bereits im vorigen Bande der Annalen, S. 470, ward eine kurze Notiz von diesen, von Hrn. Rochet d'Héricourt angestellten Beobachtungen mitgetheilt, jede ohne Angabe der geographischen Lage der Orte. Ein späterer Bericht in den *Compt. rend.* (*T. XXII, p.* 800) füllt diese Lücke aus, und giebt überhaupt näheres Detail über die Beobachtungen, weshalb auch hier das Fehlende nachgeholt seyn mag.

1) Es sey auch längst bekannt, bemerkt Hr. H., daſs die Feuer auf den groſsen Prairien Nordamerikas Gewitter und Regen im Gefolge haben.

Ort.	Zeit.			Nördliche Breite.	Oestl. Länge v. Paris.	Magnetische Neigung.
Paris	1841	Nov.	17	48° 50′ 13″	0° 0′ 0″	+67° 8′,4
Marseille	-	Dec.	2	43 17 52	3 1 48	+63 1,5
Malta	1842	Jan.	8	35 53 50	12 11 6	+53 4,4
Alexandrien	-	-	18	31 12 53	27 32 25	+43 40,1
Cairo	-	Febr.	10	30 2 4	28 55 12	+41 42,6
Denderah	-	März	15	26 8 36	30 16 11	+35 8,6
Kossëir	-	-	25	27 7 0	32 1 36	+34 40,8
Djedda	-	Apr.	25	21 29 0	36 57 36	+25 12,3
Mocka	-	Aug.	12	13 20 0	40 59 36	+ 6 39,4
Ambabo	-	Sept.	7	11 44 0	40 33 0	+ 2 39,9
Gaubade	-	Oct.	5	11 0 54	39 48 0	+ 1 18,5
Angolola	-	Dec.	2	9 36 30	37 14 0	— 0 27,9
Angobar	1843	Jan.	21	9 34 7	37 34 0	— 1 5,9

Die Neigungen sind das Mittel der Ablesungen an zwei im Ganzen wohl übereinstimmender Inclinatorien.

Aus diesen und ein Paar früheren Beobachtungen des Hrn. Lefebvre berechnet Hr. Rochet d'Héricourt, dafs der magnetische Aequator gegenwärtig durch den Punkt 10° 7′ N. und 38° 51′ O. v. P. gehe.

XXI. *Ueber die Temperatur der Flüsse unter den Tropen; vom Cap. Newbold.*

(Entnommen aus einem gröfseren Aufsatz des Verf über die Temperatur der Quellen, Brunnen und Flüsse in Indien und Aegypten; *Phil. Transact.* 1845, *pt.* 1, *p.* 125)

Die Annahme, dafs, wegen Verdampfung, Ausstrahlung und Höhe des Ursprungsorts, die Flüsse eine niedrigere Temperatur haben als das Land, durch welches sie fliefsen, scheint in Betreff der grofsen Ströme in den Aequinoctialregionen einige Modificationen zu erleiden. Viele derselben, wie z. B. der Nil, erhalten die Hauptmasse ihres Wassers von den Regen, die periodisch nahe am Aequator herabfallen, wann die Sonne fast lothrecht steht, und die Verdampfung wegen des Sättigungszustandes der Luft auf ein Minimum zurückgeführt ist. Das niedergefallene Wasser erhält einen Zuwachs von Wärme, indem es sich ausbrei-

tet über die weiten Sand- und Alluvialflächen, welche die Kanäle bilden und einfassen, die es zum Ocean führen, und die, während eines großen Theils vom Jahre trokken liegend, den Strahlen einer versengenden Sonne ausgesetzt waren. Die Betten der bedeutendsten Ströme Süd-Indiens zeigen an vielen Stellen ihres Laufs während der trocknen Jahreszeit eine schauerliche Einöde von dürrem Sand, durch welche ein schmaler Wasserfaden kaum seinen Weg zum Meere findet. Durch ein Mittel von mehr als 200 Beobachtungen, bei Tage und Nacht angestellt, habe ich gefunden, daſs im Juli die Temperatur des Nils zwischen Cairo und Theben, die mittlere Lufttemperatur am ersteren Ort (72°,4 F.) um 7°,1 F. übertrifft. Die Temperatur des Stromes wuchs im Juni, zu Anfange der Ueberschwemmung, durch die aus Abessynien kommenden Gewässer von 79° auf 80°,5 F. Die Beobachtungen wurden zu Theben angestellt, unmittelbar vor und nach dem Erscheinen jenes trüben milchigen Farbentons, welcher die periodische Ankunft von Aegyptens gröſsten Wohlthäter ankündigt.

Der Ganges, obwohl er unter dem Schnee des Himalaya entspringt und einen entgegengesetzten Lauf hat als der Nil, nämlich von nördlichen Breiten in südliche flieſst, besitzt dennoch eine Temperatur, die in dem Maaſse, als er sich dem Ocean nähert, höher ist als die des Bodens an seinem Ufer. Seine Mitteltemperatur zwischen Calcutta und dem Meer beträgt, nach zahlreichen Beobachtungen des Hrn. G. Prinsep, nicht weniger als 81° F., während die von Calcutta nicht 78° übersteigt. Der Ganges, wie bekannt, verdankt dem Schmelzen des Schnees an seinen Quellen nur wenig Wasser, hauptsächlich entnimmt er es von den periodischen Regen, die an seinen Ufern zwischen 30° und 22° N. Br. herabfallen. Während seines Austretens überschwemmt er in den niederen Theilen Bengalens eine Aluvial- und Sandfläche von mehr als 100 engl. Meilen Breite, von welcher der gröſste Theil durch die zwischen den Monsoons herrschende Dürre ausgedörrt worden ist.

XXII. *Ueber das Wasser des Wan-Sees und das daraus gewonnene Natron;*
von Hrn. de Chancourtois.

Der See Wan, in Armenistan, liegt unter 38° und 39° N. Br., hat eine Oberfläche von etwa 2000 Quadratkilometer, und, nach des Verf. Beobachtungen eine Meereshöhe von 1100 Meter. Im Süden umschliefst ihn die erste Bergkette von *Kurdistan*, im Westen der *Nemrod*, ein erloschener Vulcan, und im Norden der *Seupan*, dessen konischer Gipfel mit ewigem Schnee bedeckt ist; im Osten sind die Berge von grofsen Thälern durchschnitten, und von dieser Seite her empfängt er die hauptsächlichsten Zuflüsse. Er hat übrigens keinen Abflufs, und sein Niveau steigt und fällt oft mehre Jahre hinter einander, unabhängig von den periodischen Schwankungen, die sich nach den Jahreszeiten richten. Wann der Schnee schmilzt rücken die Fische der Flüsse bis zu einer gewissen Entfernung in diefs kleine Meer vor; zu jeder anderen Zeit ist der See vollkommen unbelebt.

Die Dichtigkeit des Wassers beträgt 1,0188 bei 19°,5 C. 50,7345 Grm. des Wassers abgedampft, lieferten 1,055 Grm. Rückstand, dessen Zusammensetzung folgende war: Chlornatrium 0,4764, kohlensaures Natron 0,3619, schwefelsaures Natron 0,1690, schwefelsaures Kali 0,0277, Bittererde 0,0110 und Kieselerde 0,0090. Ueberdiefs enthält das Wasser 0,2376 Kohlensäure; vertheilt man diese auf das kohlensaure Natron und die Bittererde, so besteht das Wasser in hundert aus: Chlornatrium 0,938, schwefelsaurem Natron 0,333, schwefelsaurem Kali 0,055, anderthalb-kohlensaurem Natron 0,861, anderthalb-kohlensaurer Bittererde 0,055, Kieselerde 0,018, Spuren von Eisenoxyd, und Wasser 97,740.

Das durch freiwillige Verdampfung in Bassins gewonnene und im Bazar käufliche Salz stellt dünne, brüchige, krystallinische, schmutzige Krusten dar, die Feuchtigkeit an der Luft anziehen, ohne zu zerfliesen, Es enthält auf 2 Grm.: Chlornatrium 0,5824, schwefelsaures Kali 0,0569, schwefelsaures Natron 0,3526, kohlensaures Natron ($\dot{N}a_3 \ddot{C}_4$) 0,8041, kohlensaure Bittererde 0,0227, Thon 0,0030 und Wasser 0,1783. Man benutzt es, mittelst Kalk und Olivenöl, in jedem Hause zur Bereitung von Seife; in welcher

Weise konnte Hr. Ch. nicht näher erfahren, da das Geschäft den Frauen obliegt (*Compt. rend. T. XXI, p.* 1111).

XXIII. *Bemerkung zu der Note des Hrn. Knochenhauer, S.* 421 *dieses Hefts.*

(Veranlafst durch gütige Mittheilung des Aushängebogens von Seiten des Hrn. Herausgebers.)

Den Aufforderungen meiner Freunde, die seit sieben Jahren häufigen Angriffe meiner Arbeiten durch Hrn. Knochenhauer einer Kritik zu unterwerfen, habe ich nicht genügt, weil ich bei der Auffassungsweise des Verf. befürchtete, dafs alsdann des Widerlegens kein Ende seyn würde. Leider bestätigt der vorliegende Fall einer sehr einfachen kritischen Bemerkung von meiner Seite nur zu sehr die Richtigkeit meiner Befürchtung. Ich hatte Hrn. Knochenhauer darauf aufmerksam gemacht, dafs er, aus Mifsverständnifs einer meiner Formeln, die elektrische Entladungszeit einer empirisch bestimmbaren Gröfse umgekehrt proportional und zugleich von derselben Gröfse unabhängig gesetzt hat. Darauf läfst sich, meines Erachtens, Nichts erwidern, wenn einmal das Factum nicht zu läugnen ist. Hr. Knochenhauer replicirt dennoch, und findet den Grund seines Verfahrens in einer eigens dazu neugebildeten Ansicht von dem Wesen der Elektricität. Nach seiner jetzigen Ansicht kann die Entladungszeit unmittelbar, ohne Berücksichtigung der Elektricitätsmenge, von der Flaschenzahl der Batterie abhängig gedacht werden, was, klar aufgefafst, genau besagt, dafs eine elektrische Wirkung stattfinden kann, ohne vorhandene Elektricität. (In der That finden sich S. 425 die Worte: »da ich q (die Elektricitätsmenge) nicht als wirkendes Element anerkenne«). Nach allgemein angenommenen Grundsätzen, hat die Zahl der elektrischen Flaschen durchaus keine Bedeutung in der Elektricitätslehre, und erst das Verhältnifs der Elektricitätsmenge zu dieser Zahl gewinnt Bedeutung. Wo man daher in einer Formel die Flaschenzahl einzeln stehend findet, kann man gewifs seyn, dafs die Elektricitätsmenge dabei gewesen und nur durch eine Rechenoperation fortgefallen ist. Diese Andeutungen genügen zur Beurtheilung der bezeichneten Note.

Riefs.

1846. ANNALEN №. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXIX.

I. *Lagerung der secundären Flötze im Norden des Harzes, nebst einigen Betrachtungen über die Bildung der Erdrinde, und den Ursprung der Gypse, Dolomite und Steinsalze* [1]*;*

von Ludwig Frapolli.

(Dem Hauptinhalte nach vorgetragen in der Sitzung der K. Academie vom 30. Juli d. J. — Vergl. die Anzeige S. 467 des letzten Hefts.)

A. Betrachtungen über die Lage der neptunischen Formationen und über die Bildung der Erdrinde.

Das grofse Becken zwischen den Hercynischen und Magdeburgischen Uebergangs-Hochländern ist unter den Diluvial-Bildungen mit sogenannten secundären Schichten angefüllt. Die Hauptabtheilungen derselben, nämlich die Steinkohlenbildung, die verschiedenen Glieder des Permischen Systems, des Lias, des Jura und der Kreide, sind schon durch die allgemeinen Arbeiten mehrerer hochverdienten Vorgänger, und besonders des nicht genug zu betrauernden F. Hoffmann gröfstentheils bekannt. Allein die Lage dieser verschiedenen Bildungen ist nicht wagerecht, oder

1) Da auf einem beschränkten Raume eine vollständige Anführung der Beweise und der Literatur unmöglich ist, und eine in's Kleinliche gehende Beschreibung der Gegend, eine ängstliche Aufzählung der mineralogischen und geologischen Beobachtungen, welche den allgemeinen Schlüssen zum Grunde liegen, für diese Zeitschrift unpassend seyn würde, so mufs ich mich hier mit Darstellung der Hauptschlüsse begnügen, welche sich aus den von mir beobachteten Thatsachen entnehmen lassen. Die einzelnen Vorkommnisse der Natur gleichen übrigens den Zahlen einer Rechentafel, die man bei Seite legt, sobald man das Ergebnifs aufgestellt hat, die man aber zur Prüfung der Rechnung aufbewahrt; sie können nur in einer vollständigeren Zusammenstellung veröffentlicht werden, wie sie, nebst Karten, Zeichnungen und Durchschnitten, binnen Kurzem erscheinen wird. *F.*

sich der Form eines einzigen sanft abfallenden Beckens annähernd, wie man nach der Art ihrer neptunischen Entstehung vermuthen dürfte; sie giebt oft das Bild von gewaltsamen Umwälzungen und Aufrichtungen. Im entgegengesetzten Verhältnisse mit der Reihenfolge ihres Alters begegnet man den Köpfen der Schichten, wenn man sich in einer Richtung nach Nord-Ost vom Harze entfernt; die secundären Bildungen lehnen sich hier unter verschiedenen Winkeln, ja sogar mit senkrecht stehenden und übergeworfenen Schichtköpfen auf das Uebergangsgebirge, und senken sich gegen Nord-Osten in die Tiefen des Beckens. Bald aber ist ein südwestliches Abfallen dieser Massen wahrnehmbar; sie steigen gegen dieselbe Weltgegend, nach welcher sie sich früher gesenkt, und kommen mehr oder minder vollzählig nach einander zum Vorschein, allein in einer entgegengesetzten Ordnung als am Harzrande; die jüngeren früher, die älteren später. Diefs Erscheinen der unteren Bildungen ist nicht von langer Dauer; sie verschwinden wieder bald unter die oberen, wie am Harzrande, um dann nach einer ein- oder mehrmaligen Wiederholung desselben Verhältnisses ein letztes Mal aufzukommen und sich an das Magdeburgische Plateau anzulehnen. Es sieht gerade so aus, wie wären die gesammten secundären Lager gerunzelt, die unteren Schichten derselben aber durch Zertrümmerung und Abspülung der jüngeren in den Axen der verschiedenen Runzeln entblöfst, während sie gedeckt und unsichtbar, in den dadurch gebildeten Mulden von den verschont gebliebenen oberen Bildungen unterteuft werden. Diese Verhältnisse beschränken sich nicht auf das Land zwischen dem Harze und dem Magdeburgischen Uebergangsgebirge; sie setzen vielmehr in Thüringen und unter den Diluvialbildungen in der norddeutschen Ebene fort. Ja wenn man die Lagerung der verschiedenen Schichten der Erdrinde in allen genügend geologisch bekannten Gegenden studirt, so sieht man, dafs die meisten derselben, besonders unter den älteren Bildungen, einer solchen Runzelung unterworfen worden sind; man überzeugt sich leicht, dafs

ein solches das allgemeine Verhältnifs der aus ihrer ursprünglichen Stellung gebrachten Schichten ist, andere Lagerungen aber als Ausnahmen und nur in Folge von besonderen örtlichen Vorkommnissen da stehen.

Geht man nun von diesen wirklichen Erfahrungen aus, und will sich die Art und Weise vorstellen, nach welcher solche Bewegungen der Erdrinde stattfanden; sucht man die ferne Ursache dieser allgemeinen Runzelung sich zu verdeutlichen, so kommt man bald zu Schlüssen, welche mit den Theorien unserer ersten und verehrten Meister in der Geologie, Laplace, von Buch, E. de Beaumont, vollkommen übereinstimmen. — Laplace hat uns gesagt, wie sich ursprünglich die Weltkörper gebildet, und durch seine Theorie besonders ist der letzte Grundsatz der Geologie — die Erde war einst glühend-flüssig — zu allgemeiner Geltung gelangt. Von Buch und E. de Beaumont haben uns auf die verschiedenen Bewegungen der schwimmenden Erdrinde aufmerksam gemacht [1]). E. de Beaumont nimmt an, dafs während der grofsen geologischen Zwischenräume der Ruhe durch die allmälige Erkaltung und verhältnifsmäfsige Zusammenziehung des flüssigen Kernes ein immerwährend steigendes Mifsverhältnifs des Inhaltsvermögens der festen Schale zur inneren Masse unserer Erde entstehe; ein Mifsverhältnifs, welches nur durch eine allgemeine Senkung und gleichzeitige partielle Hebung des grofsen Erdgewölbes ausgeglichen werden kann. Soll aber durch die Hebung eines Theiles des Gewölbes keine Vergröfserung des inneren Raumes erfolgen; soll die allgemeine Senkung der Erdschale möglich werden, und die Herstellung des Flächenverhältnisses derselben zum Kerne stattfinden, so mufs sich die Hebung in einem grofsen Kreise um die ganze Erdrinde fortsetzen. Es entsteht dadurch

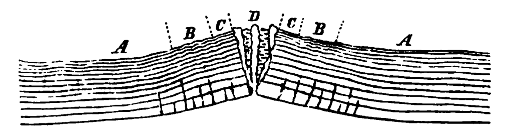
1) Wie sich die erste Kruste der Erde hat bilden können, ohne dafs die festgewordenen Theile wieder im Teige niedersanken, ist wohl nach der Theorie der auf einander schwimmenden Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit vollkommen zu erklären; allein die Auseinandersetzung dieses Herganges würde uns zu weit von unserem Zwecke führen.

während der allgemeinen Senkung und kraft dieser die ununterbrochene Erhebung einer mehr oder minder breiten Zone der Erdrinde und deren Austreibung aus dem normalmäfsigen Niveau des Erdgewölbes. Bei jeder dieser allgemeinen Bewegungen wären die am grofsen Erhebungskreise angränzenden, zuletzt niedergesetzten und noch wagerechten oder nur sanft einfallenden neptunischen Schichten aus ihrer Lage gebracht und in der Richtung der stattfindenden Bewegung gehoben worden. Das Streichen der Schichten wäre somit, selbst bei dem Mangel an anderen Kennzeichen, ein sicheres Mittel, um deren Alter zu bestimmen. Dafs solche zonäre Erhebungen zu wiederholtenmalen und unter verschiedenen Richtungen wirklich stattgefunden haben, beweisen die von E. de Beaumont zu seinen Untersuchungen über das Alter der Bergketten gesammelten Thatsachen. Allein es wurde ihm, und mit scheinbarem Rechte, erwidert, dafs man die Fortsetzung dieser Erhebungen auf der Erdrinde nur in wenigen Fällen auf sehr lange Strecken verfolgen könne, und dafs oft Schichten verschiedenen Alters ein ähnliches gemeinsames Streichen besitzen. Dem Vorkommen ähnlicher Richtungen hat E. de Beaumont in seinen Vorlesungen durch Betrachtungen über die Wiederholung desselben Streichens in den belgischen Gebilden verschiedenen Alters schon längst geantwortet. Dafs aber die Bergketten nicht ununterbrochen um die ganze Erdrinde fortlaufen, ist nicht mehr wie natürlich. Denn abgesehen von den Zerstörungen, welche in denselben durch spätere Querbewegungen haben hervorgebracht seyn können, ist diefs Factum, wie wir nachweisen werden, nur eine Folge der gesetzlichen Wirkung der zonären Erhebungen.

Die Fortpflanzung einer solchen Bewegung auf die äufsere Oberfläche der Erdrinde kann sich nur durch Runzelungen oder Spalten kund geben. Es sind nämlich zwei Fälle möglich: entweder zieht die zonäre Erhebung unter einer ebenen Oberfläche der Erdrinde durch, wie diese sich nur noch während der ersteren Perioden hat ereignen kön-

nen, oder es wirkt dieselbe fortlaufende Bewegung auf eine schon unebene Oberfläche, wie es geschehen mufste bei allen späteren Erhebungen, deren Merkmale bis zu uns gelangt sind. Im ersten Fall werden sich Spalten in der Axe der Erhebung, Runzelungen aber auf ihren zwei Seiten bilden, und zwischen den beiden Erscheinungen liegt eine Linie, welche kein stehendes Merkmal der grofsen Erschütterung zeigt.

Die zonäre Erhebung zieht unter einem Continent fort.



AA = Oberfläche der Erdrinde aufser dem Bereich der Bewegung.

BB = Theil der Oberfläche, wo die äufsere Rinde sich runzelt.

CC = Theil der Oberfläche, wo die äufsere Erdrinde bleibt nach wie vor.

D = die Oberfläche der Erdrinde in der Mitte der zonären Erhebung wird gespaltet.

Im zweiten Fall, wenn nämlich die zonäre Erhebung unter einer schon unebenen Oberfläche der Erdschale durchzieht, werden jedesmal, abgesehen von den allgemeinen angeführten Erscheinungen, Runzelungen hervorgebracht, wenn der untere Druck auf den Grund eines tiefen Beckens hervortreibend einwirkt. Den isothermischen Gesetzen gemäfs mufs die innere Fläche der Erdrinde, obwohl unter einer bei weitem sanfteren und minder ungleichen wellenförmigen Linie, den äufseren gröfseren Unebenheiten ihrer oberen Fläche nachfolgen. Unter einem tiefen und breiten Becken wird also auch ein Vorsprung der Erdschale gegen das Innere vorhanden seyn. Dieser Fall mufste besonders eintreten, als die Erkaltung der Erde noch nicht weit vorgeschritten war. Wenn also die zonäre Erhebung an einer solchen beckenförmigen Stelle der Erdrinde an-

langte, so mufste sich der untere Theil der festen Schale losmachen, und sich zuerst seitwärts unter der sich hebenden Rinde verschieben, dann aber zertrümmert im flüssigen Teige fortschwimmen. Dabei findet aber eine Verminderung der Inhaltsfläche des Beckens statt, in dessen Folge und kraft des mehr oder minder mächtigen Widerstands des Ufers die eingelagerten Schichten gezwungen werden sich zu runzeln. Die Zahl und Gröfse dieser Runzeln nimmt mit der Ausdehnung und der Tiefe des Beckens, die Aufrichtung der Schichten aber nach dem Maafsstabe der örtlichen Hindernisse zu.

Becken, unter welchem die zonäre Erhebung durchzieht.



AA = Innere Flüssigkeit.
BB = Theil der Erdrinde, welcher sich blofs heben wird.
CC = Theil der Erdrinde, welcher zertrümmert wird.
DD = oberer Theil der Erdrinde, — wird gerunzelt.
E = Meer, — wird versetzt.

Spalten entstehen, wenn sich die zonäre Erhebung unter einem Hochlande oder Continente fortsetzt. — Die Spalten, folglich auch die plutonischen Ketten, welche im Grunde genommen weiter nichts als angefüllte Spalten sind, müssen in der Regel immer parallel mit der allgemeinen sich verbreitenden zonären Bewegung fortlaufen; Abweichungen, die sich stets nur auf kurze Strecken beschränken, sind durch besondere örtliche Verhältnisse hervorgebracht. Die Richtung der Runzelungen aber, und somit das Streichen der gehobenen Schichten, obwohl nach der Theorie durch

dasselbe Gesetz bestimmt, ist jedoch meist von der Form der vorhandenen Becken, und besonders vom Daseyn älterer schon gehobener Bildungen und vom Streichen derselben abhängig. Wenn, wie in obiger Figur, die Unterlage der secundären Flötze aus schon aufgerichteten und durch Auswaschung abgeköpften älteren Schichten besteht, so kann die Runzelung, selbst durch eine blofse neue seitliche Hebung der unteren Gebilde hervorgebracht werden; in diesem Falle, der aber nur ein ganz besonderer ist, werden die eingelagerten, gehobenen, jüngeren Formationen eine mit dem Streichen der älteren parallele Richtung bekommen.

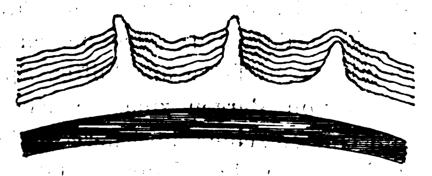
Ein vorzügliches Beispiel dieser Wirkungen giebt gerade das Land im Norden des Harzes. Auf der östlichen Seite dieser Gegend in den Umgebungen von Bernburg wird der grofse Meerbusen, welcher die Glieder des Lias und die Schichten des Jura und der Kreide aufnahm, enger und flächer; er nähert sich augenscheinlich seinem Ende. Hier liegen zuerst die secundären Lager in einer einzigen grofsen Mulde, die sich ringsherum sowohl gegen Südosten als gegen die beiden älteren Hochländer im Südwesten und Nordosten mit sanftem Aufsteigen erhebt; bald aber beginnt gegen Westen die Bildung der Runzeln und der dadurch entstehenden vervielfachten untergeordneten Becken; und diese Erscheinung bekommt eine immer gröfsere Entwicklung, je mehr man gegen Abend vorschreitet, d. h. wenn man in die Gegend kommt, wo das einfassende Becken an Breite zunahm, und überhaupt eine viel gröfsere Tiefe besafs. Eine Tiefe, welche durch die bei weitem bedeutendere Mächtigkeit der niedergeschlagenen Bildungen leicht zu beweisen ist. So ist z. B. zwischen Könnern und Magdeburg eine einzige Runzel vorhanden, während man deren sieben zwischen Goslar und Klinze begegnet. Diese Runzelungen aber sind nicht auf einmal entstanden; zwischen den verschiedenen geologischen Gebilden, zwischen dem permischen System und den Bildungen des Lias, zwischen diesem, dem Jura und der Kreide sind abweichende

Lagerungen wahrzunehmen. Alles deutet dahin, dafs die späteren Bildungen sich erst niedergesetzt haben, als die älteren Flötze schon aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht und nach der dadurch erfolgten Theilung des grofsen Beckens mehrere Unterabtheilungen in demselben entstanden waren; dafs zonäre Erhebungen mit wahrscheinlich sehr verschiedenen Richtungen unter diesem Lande durchgezogen sind; dafs eine solche allgemeine Runzelung nicht ein einziges Mal, sondern oft, und zwar nach der Niedersetzung jeder der meisten Hauptabtheilungen der secundären Bildungen stattgefunden hat. Dabei wurden die jüngeren Lager dieser Formationen während ihrer Runzelung nach den Streichungslinien der unterliegenden schon gehobenen Bildungen mehr oder minder hingerissen. Deswegen ist hier kein wesentlicher Unterschied des Streichens zwischen den verschiedenen Bildungen des Flötzgebirges zu beobachten. Daher ist auch die Erhebung der jüngeren Schichten im Allgemeinen stärker an der Gränze des Uebergangsgebirges als bei den mittleren Runzeln, während die älteren dagegen in den Runzelungen des platten Landes bisweilen weit mehr aufgerichtet sind als am Harzrande. Im ersten Fall war das Becken weniger tief, und die schon hohe und steile Uferwand des Harzes bildete einen unüberwindlichen Widerstand gegen den erfolgenden horizontalen Druck der aus der Tiefe gehobenen Schichten; folglich die Aufrichtung und die Ueberwerfung dieser in der unmittelbaren Nähe des Widerstandes vor dem mächtigen Damm des alten Schiefergebirges. Die älteren Gebilde wurden in einem weit tieferen Becken niedergeschlagen, die einfassenden Ufer dieses Beckens hatten noch nicht die jetzige Höhe erreicht, daher eine bedeutendere Hebung ihrer Schichten in den mittleren Runzeln. Im Allgemeinen aber kann man annehmen, wie es übrigens auch hat seyn müssen, dafs die Aufrichtung der secundären Flötze am Harzrande weit bedeutender ist, als irgendwo anders in der ganzen Ausdehnung des Beckens; diefs ist besonders der Fall in dem westlichen Theile des Harzes, wie es die schönen Untersuchun-

gen von Arndt und von Schuster beweisen, und an den hohen Abhängen des Rammberges, wie es aus meinen Beobachtungen hervorgeht.

Das Mifsverhältnifs der Erdrinde zum inneren Kerne ist also ein immerwährend steigendes, und kann nur durch allmälige und ohne Zwischenraum nach einander folgende zonäre Erhebungen ausgeglichen werden. Während der immer längeren grofsen Perioden der Ruhe geht die Bewegung zwar ununterbrochen, jedoch sehr langsam vor sich. Sobald aber die gehobene Zone so weit aus dem allgemeinen Niveau der festen Erdrinde gebracht ist, dafs der Druck der beiden Hälften der ganzen übrigen Erdschale die Kraft des Widerstandes dieser Zone übertrifft, so entsteht ein Zeitpunkt der Bewegung, ein zonärer Bruch, auf der Oberfläche unseres Erdkörpers. Die Axe der grofsen Erdrunzelung hebt sich rasch empor; es geschehen dadurch immer Spaltungen der Erdrinde oder mittelbar durch Runzelung bewirkte Hebungen der Schichten. Die innere flüssige Masse durch die Macht desselben Druckes hinaufgezwungen, steigt in grofsen Säulen auf und füllt die geöffneten Spalten. Ganze Meere werden aus ihrem Bette gebracht, Continente werden überschwemmt und verwüstet. In diesem Augenblicke fängt aber die Gegenwirkung an; die Pressung der hohen plutonischen Säulen setzt der fortschreitenden Bewegung ein Ende; einige Schwankungen finden statt, dann bricht eine neue Periode der Ruhe an, und die Natur bevölkert von Neuem mit frischen Kräften den weit verwüsteten Erdball. So sind die plutonischen Gebirge bis in ihre jetzige Lage hinaufgequollen, und es erfolgte die unmittelbare Hebung der angränzenden Schichten. Wirkte der innere Druck mächtig längs den beiden Seiten einer langen mit plutonischem Teige angefüllten Spalte, so kamen ganze Ketten von Bergen zum Vorschein; war aber die Wirkung auf eine einzelne schwächere Stelle beschränkt, so fand die Hebung einzelner Kuppen statt, und in einigen Fällen nach erfolgtem Sturze eines Theils des strahlenförmig gespalteten Gewölbes entstanden die von L. von

Buch zuerst beobachteten Erhebungskratere. Die directe Aufrichtung der Schichten durch die Wirkung der emporgehobenen massigen Gesteine ist nicht immer vorhanden. Obwohl in einigen Fällen sehr auffallend; so begleitet sie jedoch nicht immer das Erscheinen der plutonischen Massen, und ist im Allgemeinen die bei weitem am wenigsten verbreitete. In unserer Gegend insbesondere sind die Spuren einer solchen directen Hebung äufserst selten und wenig bedeutend. Denn abgesehen von der grofsen Ausdehnung des platten Landes, im Harze selbst, wie es der Prof. Germar vor langer Zeit schon bemerkte, und wie aus den wichtigen Arbeiten von Haufsmann hervorgeht, steht in den meisten Fällen das allgemeine Streichen der Uebergangsschichten in gar keiner Beziehung zu den vorhandenen ausgebreitetsten massigen Felsarten. In einem einzigen Falle, wenn nämlich das Emporkommen der plutonischen Massen aus mehreren parallelen Spalten geschieht, und diese Massen sich nicht flüssig, sondern im Zustande eines dicken Teiges befinden, kann vermittelst ihrer Wirkung zwischen den verschiedenen Spalten eine mit der fortlaufenden Bewegung parallele Runzelung der Schichten auf der Oberfläche geschehen. Eine solche untergeordnete Runzelung, die aber auch nur eine indirecte Aufrichtung der Schichten hervorbringen kann, ist auf dem Terrain von der wahren Hauptrunzelung des Inneren eines Beckens nicht leicht zu unterscheiden. Hat eine ähnliche Wirkung auf die Gestaltung unserer Gegend Einflufs gehabt, so kann diefs besonders auf die Hebung der secundären Flötze am Rande der Uebergangsinseln der Fall gewesen seyn.



Aus diesen Betrachtungen folgt: das Heraufkommen der plutonischen Massen ist nicht die Ursache, sondern die Folge

der gegenseitigen Bewegungen der verschiedenen Theile der Erdrinde; die bei weitem ausgebreitetsten und wichtigsten Hebungen und Aufrichtungen der Schichten sind nicht jenem Heraufkommen, sondern der unmittelbaren Wirkung der allgemeinen zonären Erhebungen zuzuschreiben. Im Vergleich mit diesen grofsen Erscheinungen ist die hebende Kraft der heraufgekommenen plutonischen Säulen verhältnifsmäfsig sehr gering; ihre Hauptwirkung, eine noch nicht genügend anerkannte grofsartige Wirkung ist der Einflufs, den sie und die sie oft begleitenden flüchtigen Substanzen auf die angränzenden Gebirgsarten ausgeübt haben. Daraus folgt auch, dafs man das Aufhören von Ketten von plutonischen Massen und deren Fortsetzung durch gerunzelte Schichten, oder das Uebergehen dieser in ein plattes, mit Diluvialbildungen gedecktes Land, nicht als ein plötzliches Aufhören der normalmäfsigen zonären Erhebungen anzusehen habe.

Das Alterverhältnifs der directen Hebungen zu den plutonischen Massen ist jedesmal mit ziemlicher Sicherheit zu bestimmen, da man das Wirkende und die Wirkung unmittelbar neben einander beobachten kann. Die Festsetzung der Gleichzeitigkeit der indirecten Erhebung der neptunischen Schichten durch Runzelung mit der einen oder der anderen aus den Spalten herausgequollenen Masse ist dagegen bedeutend schwieriger und oft fast unmöglich. Auf geologischem Wege ist sie nur durch genaue Untersuchung über die Aufeinanderlagerung der Schichten, über die Richtung der Bergketten und der muthmafslich zu gleicher Zeit entstandenen Runzelungen der Flötzgebirge, oder durch Beobachtungen über die Natur der Gesteine, welche man als weit hergeschwemmte Gerölle in den verschiedenen Conglomeraten, d. h. Diluvien, auffindet. Sind aber in den zu bestimmenden, vollkommen einzeln stehenden Bildungen keine Conglomerate da, und ist die Runzelung ihrer Schichten dabei in Folge der oben angeführten Ursachen von der allgemeinen Richtung der respectiven zonären Erhebungen abgewichen, so tritt der Fall ein, wo die geologischen Charaktere nicht mehr anwendbar sind. In Ermanglung solcher

sicheren gesetzlichen Eigenschaften mufs man dann seine Zuflucht zu den paleontologischen und mineralogischen Vergleichscharakteren der Schichten nehmen, wobei allerdings erstere bei weitem wichtiger und zuverlässiger sind. Werden aber die geologischen Charaktere *ex professo* nicht beachtet, will man den anderen Weg einschlagen und sich den Hülfscharakteren ganz überlassen, so ist eine Bestimmung des relativen Alters der plutonischen Gebirgsarten in vielen Fällen vollkommen unmöglich, oder man wird dann auf die Vorstellungen seiner Einbildungskraft hingewiesen, wodurch, wie man es nur zu oft erlebt hat, die spafshaftesten Theorien über die Bildung der Gebirge entstanden sind.

Die den Harz umgebenden gerunzelten Flötze sind zu viel in die Streichungslinien der älteren Erhebungen hineingerissen worden, als dafs man ihr Alter nach dem Streichen hätte bestimmen können; um also eine schwierige Verfolgung derselben Schichten bis in weite Gegenden zu vermeiden, sind die Bildungen unserer untersuchten Gegend durch Vergleich der am häufigsten daselbst aufzufindenden Petrefacten mit denen, welche in anderen schon bekannten Gegenden vorkommen, und durch genaue Beobachtungen über die Aufeinandersetzung der Schichten, endlich über ihre mineralogischen Bestandtheile bestimmt worden. Eine viel vollständigere Darstellung aller Petrefacten, die in hiesiger Gegend vorkommen, und welche der bekannte Paleontologe Dr. Giebel aus Halle eben im Begriff ist zu bearbeiten, so wie auch die erfolgreichen Untersuchungen des Hrn. Prof. Dunker über die Petrefacten des hiesigen jurassischen Meerbusen werden eine vollkommenere Kenntnifs der einzelnen Schichten gewähren. Die Bestimmung des Alters der vielfältigen plutonischen Massen, die im nahen Harze und den anderen zerstreuten Uebergangsinseln der Umgegend häufig hervortreten, und ihres Verhältnisses zu den Uebergangsgebirgen und zu den Hebungen der secundären Flötze bleibt unserem Zwecke fremd; es ist eine grofse Arbeit, welche meiner Ansicht nach noch nicht völ-

lig ausgeführt, und die nur durch ein allgemeines Studium zu erzwingen ist, — eine Arbeit, welche erst nach Beendigung der tiefen Forschungen meines verehrten Freundes, des Prof. Gustav Rose, über die innere Beschaffenheit der massigen Felsarten möglich seyn wird.

B. **Betrachtungen über den Ursprung der Gypse, Dolomite und Steinsalze.**

In dem grofsen, gerunzelten, platten Lande, aus dessen Mitte sich der Harz erhebt, zeigen sich die Gypse an zahlreichen Stellen. Der Dolomit und das sich besonders durch Mineralquellen kundgebende Kochsalz sind die gewöhnlichen Begleiter dieses Gesteins. In dem von mir ganz besonders untersuchten Landstriche zwischen Hettstedt und Wernigerode, dem Harze, dem Huy- und Hackel-Walde, ist der Gyps an mehr als zwanzig verschiedenen Punkten aufgedeckt. In einem gleichen Verhältnifs findet man diese Felsart zerstreut im ganzen übrigen Lande zwischen dem Harz und dem Magdeburgischen Plateau; ja die abgerundeten Hügel, welche ihn enthalten, reichen sogar in einzelnen Fällen aus dem angeschwemmten ebenen Boden des Westen und des Nordens hervor. In Thüringen sind die Gypse sehr entwickelt; sie ziehen sich als mächtiger Gürtel um den ganzen südlichen Harzrand, und zeigen sich an vielen Punkten der niedrigen Plateaus, welche jenes Gebirge vom Thüringerwalde trennen. Bald ist das Erscheinen des Gypses, wie im Allgemeinen im Norden des Harzes, sehr beschränkt an Ausdehnung; bald dagegen erhebt er sich in mächtigen Abstürzen, und bedeckt, wie in Thüringen, grofse Landesstrecken. Der Gyps zeigt sich ohne Unterschied des Alters zwischen allen secundären Bildungen. Der Gyps ist immer geschichtet, und seine Schichtung ist stets parallel mit der Schichtung der ihn einfassenden secundären Flötze; überhaupt ist sie immer vollkommen übereinstimmend mit dem Streichen und Fallen, welche nach den im Lande herrschenden allgemeinen Gesetzen der Lagerung dieses Gestein haben müfste, wenn es nicht Gyps,

sondern Kalk, und zwar Kalk derselben Formation wäre, in dessen Mitte er sich befindet. Ist aber die Schichtung des Gypses in einzelnen Fällen wirklich nicht zu finden, so ist diefs zum Theil der häufigen Mächtigkeit seiner Schichten, welche nur da sichtbar werden, wo der Gyps genügend aufgeschlossen ist, oder der Zertrümmerung, die er erlitten hat, zum Theil aber auch seinem Mangel an Härte und seiner Auflösbarkeit zuzuschreiben; wenn nämlich die Gypsmassen bei verlassenen Brüchen dem Einflusse der äufseren Reagentien eine auch nur geringe Zeit ausgesetzt bleiben, so wird die Oberfläche des Gypses theils durch den Regen aufgelöst, theils mechanisch abgewaschen, und es bildet sich durch die Zusammensetzung der abgewaschenen Theile eine Art dünnen Ueberzuges, welcher jede Spur vorhandener Schichtung verdeckt. Bemerkenswerth ist das Brausen dieses Ueberzuges in einzelnen Fällen, wenn man ihn mit einer Säure in Berührung bringt, als wenn ein Ueberflufs von Kohlensäure aus der Atmosphäre die Vertreibung eines kleinen Theiles der Schwefelsäure hätte bewirken können. Eine nähere Untersuchung hat gezeigt, dafs die Gypse sich in diesen Gegenden zwischen den Schichten aller secundären Formationen eingelagert befinden. Es giebt allein in dem von mir monographisch untersuchten und oben angeführten Landstriche Gypse, welche den Bildungen des Zechsteins, des bunten Sandsteins, des Muschelkalks, des Keuper und der Kreide angehören. Der Gyps dieser verschiedenen Formationen ist nicht nur durch seine Lagerungsverhältnisse, sondern auch durch ein im Allgemeinen sehr charakteristisches mineralogisches Aussehen bezeichnet, welches zwar nicht erlaubt zwei ausgesuchte Handstücke zu unterscheiden, das man aber als ein fast ganz sicheres empirisches Kennzeichen zur Unterscheidung gröfserer Massen an Ort und Stelle ansehen darf. Dieser mineralogische Habitus, und besonders die charakteristische Structur der verschiedenen Gypse bietet eine merkwürdige Aehnlichkeit mit denen des Kalks der respectiven Formationen dar. Aufser diesen allgemeinen gemeinsamen Eigen-

schaften sind die Gypse unserer Gegenden besonders durch die Verhältnisse ihrer Lagerung in zwei verschiedene Gruppen völlig getrennt. 1) Die alten Gypse des Zechsteins sind in dieser Bildung mitten unter Kalk- oder Dolomit-Lagern regelmäfsig zwischen geschichtet; von denselben scharf geschieden, scheinen sie sich ununterbrochen sowohl in's Mannsfeldische, als auch unter dem grofsen thüringischen Becken und in den Tiefen des Landes zwischen dem Harz und Magdeburg ganz wie ein vollkommen ausgebildetes und regelmäfsiges neptunisches Lager auszubreiten. Nur an einzelnen Stellen, wie z. B. am südlichen Harzrande, kann man eine unbestimmte Begränzung und ein Uebergehen dieses Gypses in den aufliegenden Kalk beobachten. Meines Wissens sind in diesem Gypse noch keine Petrefacten gefunden worden; wohl aber zeichnet er sich oft aus durch einen grofsen Gehalt an Bitumen, das gewöhnlich den Gyps mit dünnen, mit der Schichtung parallelen unzähligen Streifchen färbt. 2) Die neueren Gypse im Gegentheil, die Gypse, welche im Muschelkalk über oder unter dieser Formation vorkommen, und die Gypse, welche den jüngeren Bildungen dieser Gegenden angehören, sind nicht in der ganzen Ausdehnung der respectiven Lager zu verfolgen; sie kommen nur an einzelnen Stellen dieser secundären Formationen vor, und zwar längs dem Harzrande oder in den Axen der aufgeplatzten Runzelungen. Da sieht man bisweilen den Uebergang des unteren Theiles des Kalklagers in Gyps, während der obere Theil noch immer kohlensaurer Kalk ist; im übrigen Lande ist aufser den unbedeutenden Krystallen späterer, wahrscheinlich durch organischen Einflufs bewirkter Bildung, welche man in den Thonen und Kohlen des Jura und der Kreide wahrnimmt, in denselben keine Spur von Gyps aufzufinden. Und diese Ordnung des Vorkommens des Gypses am unmittelbaren Rande der älteren Uebergangsinseln vom Harze und von Magdeburg, und in den Axen der Runzelungen, d. h. überall da, wo eine Unterbrechung der äufseren Rinde stattfand, wo Spaltungen eine Verbindung der Oberfläche

mit dem Inneren erlaubten, ist so regelmäfsig, so unveränderlich, dafs man nach einer allgemeinen Karte dieses Landes, wo die geologischen Farben der Gypse aufgetragen sind, die sichersten Schlüsse über die Begränzung dieser Inseln, und die Zahl und das Fortlaufen der Runzelungen ziehen kann. Die Lagerungsverhältnisse dieser neueren Gypse sind so, dafs man annehmen mufs, ihre Schichten liegen in der Fortsetzung der Kalkschichten der respectiven Bildungen, und dafs ein förmliches Uebergehen der beiden Gesteine in einander in einigen Fällen augenscheinlich, immer aber unbezweifelt ist. Im Huy-Walde, am Seweckenberge bei Radeborn, an verschiedenen Punkten des Harzrandes kann man sich leicht von dieser Thatsache überzeugen. Der jüngste aller in diesen Gegenden vorhandenen Gypse, der Kreidegyps, enthält sogar deutliche Spuren von ehemaligen Feuersteinen und von Versteinerungen. Die ersten sind an einigen Stellen, wie z. B. bei Stecklenberg und Süderode, ziemlich häufig; sie bestehen aus einer schwarzen oder braunen Masse, welche zwar die Structur der Feuersteine, aber nur die Härte des Gypses besitzt, und die vielfach gespaltet und mit krystallisirtem Gypse durchdrungen ist. Nach vorläufigen qualitativen Versuchen, welche der Hr. Dr. Wächter gemacht hat, ist die Kieselerde in dieser Substanz in solcher Menge vorhanden, dafs man dreist behaupten kann: die ganze Masse bestehe noch aus Kieselerde, die aber in unauflöslichem Zustande zu seyn scheint; die sie begleitende Kalkerde gehört dem Gypse, welcher in den unzähligen, meist unsichtbaren Spalten enthalten ist. Die Petrefacten sind selten; bis jetzt habe ich solche nur noch an einer einzigen Stelle im Gypse von Stecklenberg vorgefunden, und zwar ein einziges Mal, wo ich mitten im anstehenden Gypse zwei sehr deutlich erkennbare Kerne von dem in den nahen Kreideschichten so häufig vorhandenen *Spatangus coranguinum* aufgefunden habe.

Wenn man nun die Verhältnisse des Daseyns der Gypse näher betrachtet, wenn man seiner beständigen und normal-

malmäfsigen Schichtung sich erinnert, wenn man bedenkt, dafs sie immer zwischen den neptunischen Bildungen eingelagert sind, so kann man wirklich nicht begreifen, wie ein wahrhaft genialer und practischer Geologe, der verstorbene Hoffmann, behaupten konnte: der Gyps wäre in keinem Fall geschichtet, sondern eine aus dem Inneren der Erde emporgehobene plutonische Felsart; wie noch viele hochverdiente Männer den Gyps dieser Gegenden theils als einen rein neptunischen Niedersatz, theils als eine Anzahl plutonischer Pfeiler haben ansehen können, welche, in weichem Zustande aus dem Inneren der Erde emporgekommen, die umliegenden Schichten aufgerichtet haben sollen. Wenn man andererseits das Vorkommen der Gypse der jüngeren Gruppe im Norden des Harzes näher untersucht, wenn man ihr Uebergehen im umliegenden Kalk beobachtet, in der Fortsetzung von dessen Schichten sie sich oft befinden; wenn man bedenkt, dafs der Gyps dieser Formationen sich nur am unmittelbaren Harzrande und da zeigt, wo die Schichten des Kalks in der Nähe der gehobenen Axen der Runzeln oder irgend einer Stelle sind, wo Spalten entstanden seyn könnten, wo eine Verbindung mit dem Inneren möglich war; dafs oft der untere Theil eines Kalklagers als Gyps erscheint, während der obere noch immer kohlensaurer Kalk ist; wenn man ferner das besondere charakteristische Aussehen jedes Gypses betrachtet und das Verhältnifs dieses Habitus mit der gewöhnlichen Structur des Kalks in den respectiven Bildungen vergleicht; wenn man überdiefs der verwandelten Feuersteine und sogar der einzelnen, jetzt Gyps gewordenen Petrefacten gedenkt, die im Gypse der Kreide gefunden wurden, so wird der metamorphische Ursprung dieser Gesteine zu einem klaren und unwiderlegbaren Grundsatze. Nach diesem Allen ist nicht mehr zu bezweifeln, dafs die jüngeren Gypse einst kohlensaurer Kalk gewesen, und als solcher sich in den Tiefen des Meeres niedersetzten, wo organische Körper leben konnten; dafs dieser Kalk schon niedergesetzt und vollkommen erhärtet war, wie es das Vorhandenseyn der ver-

wandelten Feuersteine beweist. Nach dem Aussehen derselben mufste nämlich die erste Verwandlung in Feuerstein vollkommen ausgebildet gewesen seyn, als die zweite vor sich ging; dafs die Metamorphose der Kalkschichten in der Nähe der Spaltungen der Erdrinde am äufsersten Rande der einzelnen Becken durch den Einflufs einer aus dem Inneren der Erde während einer späteren Erhebung entwichenen Substanz bewirkt wurde; dafs eine solche Erhebung und Verwandlung in unserem Lande am Ende der Kreideperiode stattfand. Das bekannte Gesetz der Chemie, dafs eine vorhandene, durch ihre Beschaffenheit oder Menge, oder durch die obwaltenden Verhältnisse mächtigere Säure, um einen neuen Körper zu bilden, die schwächere verdrängt, ist hier wohl anwendbar. Die Annahme, dafs grofse Mengen sich nach der Erhebung entwickelnder schweflichter Säure die an den Spalten unmittelbar angränzenden Köpfe der Kalkschichten in Gyps verwandelt haben, scheint wirklich nicht zu gewagt. Die ankommenden, eine sehr hohe Temperatur besitzenden schweflichten Gase setzten sich an die Stelle der leicht zu verjagenden Kohlensäure; ihre Verwandlung aber in Schwefelsäure scheint auf Kosten der ersteren vorgegangen zu seyn. Durch den grofsen Druck festgehalten, hätte diese der schweflichten Säure einen Theil ihres Sauerstoffs überlassen, und konnte sich nachher, sobald die Kraft der Verbindung sich dem Drucke nicht mehr anschlofs, als Kohlenoxydgas verflüchtigen.

$$\left.\begin{array}{l} CO^2 - O = CO \\ SO^2 + O = SO^3 \end{array}\right\} = CO + SO^3.$$

Dafs ferner die Säuerung ausnahmsweise, wahrscheinlich an Stellen, wo die Kohlensäure durch die Hitze schon frei gemacht war, selbst auf Kosten eines Theils der schweflichten Säure geschehen sey, scheinen die bisweilen mit dem Gypse vermengten Schwefeltheile zu beweisen.

$$3SO^2 = 2SO^3 + S.$$

Die Hydratation des Gypses wäre später, und zwar von der Oberfläche aus durch die Wirkung der atmosphärischen Feuchtigkeit geschehen; die Anhydrite, welchen man hie

und da in diesen Gypsen begegnet, lassen darüber keinen Zweifel. — Die Gypse dieser Gruppe wären demnach durch Metamorphismus auf trocknem Wege, und zwar, wie es aus der allgemeinen Lagerung hervorzugehen scheint, unmittelbar nach der grofsen Erhebung der Kreideschichten entstanden. Die Richtigkeit einer solchen Behauptung wird noch augenscheinlicher, wenn man bedenkt, dafs laut der Gesetze der Erhebung eines Beckens während der Runzelung der eingelagerten Schichten sich der unterliegende Theil der Erdrinde von der übrigen Schale losmachen und zertrümmern mufste; dadurch kamen die inneren flüchtigen Substanzen bis an die untere convexe Fläche der gebogenen Schichten, und wurden wie unter einem Schornsteindache zu den äufseren Oeffnungen an der Gränze des Uebergangsgebirges oder zu den Spalten, welche durch Brechung der unbiegsamen Schichten in den Axen der Runzelungen entstanden waren, hingeführt. Der Umstand, dafs die Entwicklung schweflichter Säure aus den heutigen Vulkanen nicht mit Sicherheit nachzuweisen ist, kann in keinen Betracht genommen werden; da aufserdem, dafs die Erscheinungen der stehenden Vulkane in keiner Beziehung mit den allgemeinen zonären Erhebungen stehen, diese weder die erste noch die letzte Substanz wäre, welche das Innere der Erde ausspeiet, wovon wir aber die unwiderleglichsten Beweise eines solchen Ursprungs haben.

Die parallele Einlagerung der älteren Gypse zwischen den neptunischen Schichten, ihre grofse Verbreitung in Thüringen und im Mannsfeldischen, wo sie sich regelmäfsig zwischen Kalkschichten über das ganze Becken auszudehnen scheinen, ist ein grofser Einwurf gegen die Erzeugung derselben durch späteren Metamorphismus auf trocknem Wege; eine mit ihrer Niedersetzung gleichzeitige Bildung dieser Gypse stimmt dagegen mit allen beobachteten Thatsachen viel besser überein. Wenn ein Salz sich in einer Flüssigkeit aufgelöst befindet, zu welcher eine Säure hinzukommt, die mit der Basis desselben ein minder auflösliches Salz zu bilden im Stande ist, so verläfst diese ihre frühere Ver-

bindung und tritt zur neu angekommenen Säure, ein Salz bildend, das sogleich niedergeschlagen wird. Nehmen wir nun an, dafs in den Tiefen des alten, die Zechsteinformation einfassenden Beckens Spaltungen vorhanden waren, aus denen sich schweflichte Säure entwickelte, und dafs solche Oeffnungen zu einer gewissen Zeit durch die hinzugekommenen Sedimente zugestopft, dann aber wieder in Folge neuer Bewegungen geöffnet werden konnten, so wird uns die regelmäfsige Einlagerung des Gypses nicht mehr auffallend seyn. Kohlensaurer Kalk befand sich aufgelöst in den mit Kohlensäure reichlich versehenen Gewässern, schweflichte Säure trat aus dem Inneren der Erde hinzu, und verwandelte sich durch die Berührung des Wassers sogleich in Schwefelsäure. Die natürliche und nothwendige Folge war die Befreiung eines verhältnifsmäfsigen Theils der Kohlensäure und die Bildung eines Niederschlags von Gyps. Der Umstand, dafs in der ganzen Zechsteinformation dieser Länder das Vorfinden eines Petrefacten nur als eine grofse Seltenheit vorkommt, tritt zu den anderen Gründen hinzu, um die Entwicklung schweflichtsaurer Gase in den Tiefen jener Urmeere wahrscheinlich zu machen. Am südlichen Abhange des Harzes und sonst da, wo die postcretaceische Wiedereröffnung der Spalten die verwandelnden Gase noch einmal bis zur äufseren Oberfläche durchliefs, scheint die neue Wirkung auch auf die Zechsteinformation ihren Einflufs geübt zu haben; an diesen Stellen hat sich der trockne Metamorphismus dem nassen addirt, indem bei dieser Gelegenheit der eigentliche Zechstein theilweise angegriffen, und die Gränze dieses Lagers mit dem untergeordneten Gypse unbestimmt und wellenförmig gemacht worden ist.

Alle ursprünglichen Gypse können in diese zwei Gruppen zerfällt werden: in Gypse, welche auf nassem, und Gypse, welche auf trocknem Wege gebildet sind. Allein, der hier damit verbundene Unterschied zwischen jüngerem und älterem Gypse, gilt natürlich blofs für die Gypse, welche in der besonders von mir untersuchten Gegend in

Nordosten und in Osten des Harzes vorkommen. Es ist nämlich immer möglich, dafs während sich hier der Muschelkalk oder die Kreide in unverändertem Zustande niedersetzten, anderswo in den Gewässern dieser Perioden eine Zuströmung von verwandelndem Gase stattgefunden habe; so wie auch, dafs während hier die Kalksteine einer Periode auf trocknem Wege metamorphosirt wurden, in einer anderen, selbst nicht fernen Gegend die sich niederschlagenden Kalke einer jüngeren Periode einer gleichzeitigen Gypsificirung unterworfen werden konnten. Im Allgemeinen kann man also behaupten: alle ursprünglichen Gypse fallen, je nach ihrem Alter, in die verschiedenen neptunischen Hauptabtheilungen, zu denen sie gehören, und wovon sie ein untrennbares Glied sind; sie verdanken ihre Entstehung einer Verwandlung des kohlensauren Kalks. Diese Verwandlung wurde durch aus dem Inneren der Erde entwichene schweflichte Gase bewirkt. Wenn die Gase in Berührung mit einem aufgelösten Kalk kamen, so geschah sie auf nassem Wege; wirkten aber dieselben Gase auf einen schon gebildeten Kalkniederschlag, so war die Metamorphose auf trocknem Wege vollzogen.

Die Dolomite und noch häufiger die mit Talkerde mehr oder minder gemengten kohlensauren Kalke begleiten den Gyps in allen seinen Erscheinungen; sie liegen regelmäfsig geschichtet unter oder über dem Gyps nasser Bildung in Thüringen und im Mannsfeldischen. Sie sind zu finden neben dem Gypse trockner Bildung an vielen Punkten des nördlichen Harzrandes und des angränzenden platten Landes. Die Kalke dieser Art zeigen sich immer sehr durchlöchert, und tragen die deutlichsten Spuren des Durchganges flüchtiger Substanzen; ihre Schichtung an den Stellen, wo sie den Gyps trockner Bildung begleiten, ist nicht immer deutlich. Ihrer Lagerung nach unterliegt jedoch das Uebergehen dieser Kalke in den Gyps und den reinen kohlensauren Kalk der respectiven Formationen keinem Zweifel. Ganz wie beim Gyps behält ihre Structur in den meisten Fällen eine grofse Analogie mit der Structur des Kalks

der Formation, welcher sie angehören; diefs geht so weit, dafs bei einem mit unzähligen Spalten durchzogenen magnesiahaltenden Kreidekalk [1]), der im Liegenden des Gypses und als Fortsetzung dessen auf dem Kopfe stehender Schichten, über dem Gypse in der Nähe des anhaltischen Städtchens Gernrode vorkommt, während die äufseren Gränzen der einzelnen durch die Spaltungen getheilten eckigen Blöcke und Fragmente braun, sehr durchlöchert und mit rhomboëdrischen Krystallen bedeckt sind, oder eine ganz compacte Structur besitzen, das Innere derselben kaum an seinem Aussehen durch eine gelblichere Farbe und eine gewisse Rauheit der Oberfläche von der gewöhnlichen zerreiblichen, etwas kieseligen Kreide der Gegend zu unterscheiden ist. Dafs also viele magnesiahaltende Kalke verwandelte, und zwar unter ähnlichen Verhältnissen und bei derselben Gelegenheit wie der sie begleitende Gyps, verwandelte früher reine kohlensaure Kalke sind, ist meiner Ansicht nach kaum zu bezweifeln. Wie diese Verwandlung vor sich gegangen sey, ist schwer zu erklären; vergessen wir aber nicht, dafs diese zum Theil mit Magnesia versetzten kohlensauren Kalke sich über den Gypsen oder in ihrer Nähe befinden, dafs sie die deutlichsten Spuren grofser Gasströmungen führen, dafs, wie wir unten sehen werden, das Chlornatrium auch als ihr gewöhnlicher Begleiter erscheint, und die Chemie wird uns vielleicht nächstens genügende Aufschlüsse darüber geben. Die Thatsache ist indessen da, sie ist nicht mehr zu läugnen; wir wollen lieber in der Zukunft durch viele und genaue Analysen dieser Gesteine unsere Kräfte zur Ergründung des geheimnifsvollen Hergangs verwenden.

Obwohl das Vorkommen des Steinsalzes in unseren Gegenden aufser Zweifel ist, und obwohl diese Felsart wahrscheinlich in der Tiefe sehr grofse Ablagerungen bildet, so sind jedoch zuverlässige Beobachtungen über diesen Gegen-

1) Das Daseyn der Talkerde in diesem Kalk ist auch durch einen vorläufigen qualitativen Versuch des Hrn. Dr. Wächter wahrgenommen worden.

stand fast unmöglich. In allen dem Harze angränzenden Ländern kommen die Salzquellen sehr häufig vor; so wie der Gyps, so wie die Dolomite befinden sich auch die Salzquellen entweder am Rande der älteren Gebirge oder da, wo Spalten den eindringenden Gewässern erlauben wieder aufzusteigen; natürlich aber sind sie in der Regel an den niedrigsten Stellen aufzusuchen. Das Steinsalz selbst ist seiner Auflösbarkeit wegen nirgends auf der Oberfläche zu sehen, es ist aber durch Bohrversuche in Artern mitten in Thüringen und an anderen Orten aufgefunden worden. Es scheint sich als grofse Linsen und auf ähnliche Weise, wie der ältere Gyps unserer Gegenden, in den tiefen Becken der Zechsteinformation auszubreiten. Da scheint es als ein Meeresabsatz regelmäfsig zwischen Lagern anderer Natur niedergeschlagen zu seyn. Aus jenen Tiefen führen es die eindringenden Wässer in Auflösung bis auf die Oberfläche. Dafs sich Kochsalz durch Abdampfung eines abgeschlossenen Meerbusens niederschlagen könne, ist wohl der erste Gedanke, der einem vorkommt; diefs kann auch der Fall seyn für manche dergleichen Ablagerungen, ob aber ursprünglich das Steinsalz aufgelöst in den Gewässern gewesen sey, ist wenigstens unsicher. Der Kalk und das kohlensaure Natron konnten ihre Säure von der Atmosphäre beziehen; die Salzsäure aber ist uns in der Atmosphäre nicht bekannt, wohl aber bei den Erzeugnissen, welche aus dem Inneren der Erde kommen. Wäre nicht der Natur der Sache angemessener, wenn man annähme: das Kochsalz hätte einen ähnlichen Ursprung wie der Gyps? Es fehlen uns freilich alle Beweise dafür; wir besitzen, so viel mir bekannt ist, kein Kochsalz, das man als ein durch trocknen Metamorphismus gebildetes bezeichnen könnte; aber diefs ist leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dafs, wäre auch das Steinsalz in ähnlichen Verhältnissen wie der Gyps neuerer Bildung auf der Oberfläche gewesen, so hätte es sich nicht lange gegen den Einflufs des Regens behaupten können. Auf der anderen Seite, dafs sich die Schwefelsäure im Allgemeinen lieber der Kalkerde angeschlossen, und die Salz-

säure sich des Natrons lieber bemächtigt habe, ist leicht zu begreifen, wenn man bedenkt, dafs schwefelsaurer Kalk viel unauflöslicher ist, wie schwefelsaures Natron, aber salzsaures Natron dem salzsauren Kalk an Auflösbarkeit nachsteht.

Die Basen des Kalks, des Gypses und des Salzes waren im ursprünglichen Teige da; sie nahmen ihre Säuren wo sie sie fanden, die eine aus der Atmosphäre, die anderen aus dem Inneren der Erde. Sobald sich an einem Punkte das Verhältnifs der Mächtigkeit dieser Säuren änderte, so wurde die eine durch die andere verdrängt. Auf eine ähnliche Weise wie bei den Säuren konnten auch isomorphe Basen unter günstigen Verhältnissen einander verdrängen und ersetzen.

E. de Beaumont hat die Verwandlung der Pariser Kreide-Dolomite durch nasse Metamorphose angenommen. Leopold von Buch, der Vater der modernen Geologie, hat diesen Ansichten zum grofsen Theile schon vor langer Zeit Geltung erkämpft; es sey dem Fremden, dem Fremden aber, der die hohen Verdienste der deutschen Gelehrten vollkommen würdigt, es sey ihm erlaubt, zu bedauern, dafs, während diese Lehren im ganzen Auslande eine so allgemeine Anerkennung gefunden haben, es gerade in Deutschland ist, im Angesichte der Thatsachen und Beweise, wo sie am meisten bekämpft und ignorirt werden, dafs die gröfsten Widersprecher gerade die eigenen Mitbürger des berühmten Mannes sind. Ein Blick auf die Lagerungsverhältnisse, auf die Gesetze, welche bei der endlichen Gestaltung unserer Erdrinde gegolten haben, hätte die wahre Natur des Gypses und die näheren Umstände seiner Bildung bald aufgedeckt. Einer übertriebenen Scheu vor allgemeinen Schlüssen, vor denen, als wären sie *a priori* gefafste leere Theorien und Träume, mehrere sogar sehr fleifsige Beobachter zurückschrecken; vor Allem aber einer gewissen Vernachlässigung der wahren geologischen Charaktere; dem übermäfsigen Gewichte, welches man bei der Entscheidung geologischer Fragen der Mineralogie und der

Paläontologie einräumt, ein nicht genug zu beklagender Umstand, der so viele ausgezeichnete Männer und so viele thätige Kräfte der Geologie entzogen hat; — diesen Ursachen allein ist das noch immer vielfältige Herrschen mancher irrigen Meinungen selbst unter Männern von Fach zuzuschreiben.

Berlin, den 30. Juli 1846.

II. *Langsame Hebung von New-Foundland.*

Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dafs das ganze Land in der Nachbarschaft der Conception-Bay, und wahrscheinlich die gesammte Insel (New-Foundland) im Steigen aus dem Meere begriffen ist, in einem Verhältnifs, welches befürchten läfst, dafs dadurch in einer nicht fernen Zeit viele unserer besten Häfen an dieser Küste wesentlich beeinträchtigt, wenn nicht gar ganz unbrauchbar werden. Zu Port-de-Gave ist eine Reihe von Beobachtungen angestellt worden, welche unzweifelhafte Beweise von der raschen Verschiebung des Meeresniveau in der Nähe liefert. Mehre grofse flache Felsen, über welche vor 30 bis 40 Jahren Schooner mit der gröfsten Leichtigkeit hinwegsegelten, liegen jetzt der Wasserfläche so nahe, dafs sie kaum überschiffbar sind. An einem Ort, Namens Cosh, an der Spitze der Roberts-Bay, eine engl. Meile von der Küste und mehre Fufs über dem Meeresspiegel, findet sich, bedeckt mit einer 5 bis 6 Fufs dicken Lage von Dammerde, ein vollkommener Strand, dessen abgerundete, mäfsig grofse Steine in jeder Hinsicht denen gleichen, die in den benachbarten Landseen (*landwashes*) gefunden werden. (*Edinb. New phil. Journ. Vol. XL, p.* 206, wo es aus der *New-Foundland Times* genommen ist.)

III. *Bemerkungen zu Löwig's Volumtheorie;* *von Hermann Kopp.*

Auf die Untersuchungen, welche ich in den letzten acht Jahren über die Abhängigkeit einiger physikalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen von ihrer atomistischen Constitution publicirt habe, sind mehrfache Discussionen erfolgt, in welchen von mehreren Seiten die Resultate, die ich erhalten hatte, als unzulässige angefochten, und andere als die richtigeren vorgeschlagen wurden. Eine gröfsere historische Arbeit, die fast während dieser ganzen Zeit bis vor Kurzem mich in Anspruch nahm, verhinderte mich, diesen Gegenstand anders als nur bruchstückweise und abgerissen zu untersuchen. Das Interesse, welches die erlangten Resultate mir zu haben schienen, veranlafste mich, dieselben zu veröffentlichen. Ich hatte Unrecht, Arbeiten über einen Gegenstand zu publiciren, hinsichtlich dessen es von der gröfsten Wichtigkeit ist, sich in den Hauptsachen auf eigene Beobachtungen und eigene experimentale Erkenntnifs zu stützen; aber ich glaube, dafs die Meisten in gleicher Lage dasselbe gethan hätten. Meine Arbeiten haben vielleicht dazu beigetragen, dafs man jetzt an Gesetzmäfsigkeiten glaubt und sie zu erkennen sucht, von denen man früher Nichts wufste, und es mag diefs die Veröffentlichung jener Arbeiten entschuldigen; im Uebrigen bleibt ihnen vollkommen zur Last liegen, dafs sie eine Reihe von Abhandlungen einleiteten, in denen Mehrere nach ihrer Weise fremde Beobachtungen discutirten, und daraus widersprechende Naturgesetze zu construiren suchten. Die Literatur über diesen Gegenstand hat eine ziemliche — und in Vergleich zu dem, was an sicheren Ergebnissen für unser Wissen gewonnen worden ist, unverhältnifsmäfsig grofse — Ausdehnung erlangt; ungern vergröfsere ich die Zahl der Publicationen über diesen Gegenstand, in der Weise wie er bisher behandelt wurde, noch durch folgende Zeilen. Oefters

Arbeiten in derselben Sache zu kritisiren, ist nicht angenehm; doch ist es wohl von Nutzen, den Einflufs als unrichtig erkannter Ansichten zu beschränken. Wer diesen Untersuchungen gefolgt ist, weifs wohl, welche offenbar unzulässigen Ansichten leichtsinnig und doch zuversichtlich aufgestellt worden sind; die Widerlegung derselben scheint mir — so langweilig auch Vielen es vorkommen mag, dafs von Einer Seite eine Kritik auf die andere folgt — nicht unnöthig gewesen zu seyn; dafs solche Ansichten jetzt zum Theil fast vergessen sind und wohl auch nicht mehr aufgestellt werden, ist doch ein Vortheil für die Bearbeitung der Sache, und dazu haben jene Kritiken vielleicht etwas beigetragen. Es zeigt sich auch, dafs es nicht unnöthig ist, über die Methode, wie man hier aus Beobachtungen theoretische Resultate ableiten darf, zu discutiren, nur in Beziehung auf die Methode will ich hier einiges zur Würdigung von Löwig's Untersuchungen über die specifischen Volume der Flüssigkeiten mittheilen.

Ich glaube bei meinen Arbeiten — und die Anerkennung competenter Richter ist mir in dieser Beziehung sehr beruhigend — immer vorsichtig gewesen zu seyn; ich suchte immer anzugeben, was für und was gegen einen allgemeineren theoretischen Satz spricht, dessen Aufstellung mir Nutzen und Wichtigkeit zu haben schien. Ich habe das Wahrscheinlichere von dem Unwahrscheinlicheren zu unterscheiden gesucht; ich habe namentlich solche Betrachtungsweisen als ein richtiges Resultat wahrscheinlich *nicht* ergebend betrachtet, nach welchen consequent arbeitend man zu sich widersprechenden Ergebnissen gelangt.

Ich habe kein Resultat so verclausulirt und fast entschuldigend veröffentlicht, als das, nach welchem man aus der bekannten Zusammensetzung einer flüssigen organischen Verbindung und aus dem bekannten Siedpunkt derselben auf ihr specifisches Gewicht bei irgend einer Temperatur annähernd schliefsen kann. In Liebig's und Wöhler's Annalen, Bd. 50, S. 71 ff., zeigte ich, dafs das specifische Volum einer aus *a* Atomen Kohlenstoff, *b* Atomen Was-

serstoff und c Atomen Sauerstoff bestehenden flüssigen Verbindung (wenn die Atomgewichte C=75, H=12,5, O=100 zu Grunde gelegt werden) für einen Abstand D^0 vom Siedpunkt nahe ausgedrückt ist durch

$$(8a+6b+6c)\times(9,75-0,01\,D).$$

Ich habe S. 85 f., 111 ff. und a. a. O. der angeführten Abhandlung erinnert, dafs diese Formel nur als ein einfacher empirischer Ausdruck vieler Beobachtungen angesehen werden darf, dafs sie aber sowohl der *Form* als *den darin enthaltenen Zahlenbestimmungen* nach nicht richtig seyn kann. Ich erinnerte namentlich, dafs die Form der Formel nicht richtig seyn kann, weil sie voraussetze, dafs die specifischen Volume der in flüssigen Verbindungen enthaltenen Elemente bei correspondirenden Temperaturen stets in demselben Verhältnifs unter sich stehen, und dafs als correspondirende Temperaturen (solche von gleicher Dampfelasticität) gleich weit vom Siedpunkte abstehende betrachtet werden können; was beides die Erfahrung nicht bestätigt. Ich erinnerte weiter, dafs die Form der Formel unrichtig sey, weil nach ihr die Contraction, welche eine Flüssigkeit durch Erkaltung vom Siedpunkt an um x^0 erleidet, immer dieser Gröfse x proportional seyn müsse, und weil weiter nach ihr alle Flüssigkeiten, wenn man von ihnen bei ihren Siedpunkten gleiche Volume nehme, bei gleich weiten Abständen von den Siedpunkten gleiche Volume einnehmen müssen; was beides die Erfahrung widerlegt u. s. w. Ich habe mich deshalb gewundert, in Millon et Reiset's *Annuaire de chimie* (1846) eine Arbeit von Pierre zu finden, worin dieser dieselben Gründe (und zwar unvollständig) — nicht als Referent oder als Uebersetzer, sondern als Kritiker — ausspricht, gerade als ob ich jene Formel als eine exacte hingestellt, und als ob ich gar nichts davon gesagt hätte, dafs aus jenen Gründen jene Formel keineswegs als eine exacte betrachtet werden dürfe.

Jene Formel hat einen Gegner an Löwig gefunden, welcher in mehren Abhandlungen, die in diesen Annalen enthalten sind, abweichende Ansichten als die richtigeren

geltend zu machen gesucht hat. Ich werde hier die neueste Abhandlung Löwig's (diese Ann., Bd. 68, S. 51 ff.) vorzugsweise berücksichtigen.

Löwig faſst die von mir vorgeschlagene Formel in einer ganz anderen Weise auf, als in der sie aufgestellt wurde. Er berücksichtigt gar nicht, was ich von den höchstens annähernd wahren Voraussetzungen gesagt habe, auf welchen die Aufstellung der Formel beruht. Diese Voraussetzungen betreffen die Ausdehnung der (in flüssigen Verbindungen enthaltenen) Elemente durch die Wärme, und die Annahme, daſs gleich weit vom Siedpunkt abstehende Temperaturen wirklich correspondirende seyen. Ich weiſs nicht, wie man bei einer Kritik jener Formel diese Kapitalpunkte ganz unberücksichtigt lassen kann. — Uebrigens könnte ein Leser leicht irre geleitet werden, wenn Löwig (S. 51 f. der angeführten Abhandlung) mich sagen läſst: »es sey aller Grund vorhanden, daſs die (numerischen) Werthe in meiner Formel richtig seyen, und daſs die Differenzen zwischen den berechneten und gefundenen Resultaten, wenn sich solche ergeben, auf Beobachtungsfehlern beruhen.« Er verweist dabei auf Liebig's und Wöhler's Annalen, Bd. 55, S. 199, wo ich aber etwas ganz anderes sage, nämlich: »Es ist aller Grund da, zu glauben, daſs diese Differenzen, wo sie nicht auf Beobachtungsfehlern beruhen, aus den eben erwähnten, nur annähernd wahren, Voraussetzungen hervorgehen, und daſs sie mit der Berichtigung dieser Voraussetzungen verschwinden.« Daſs aber die numerischen Werthe in obiger Formel, wenn sie nach Berichtigung dieser Voraussetzungen ermittelt werden können, wohl etwas anders ausfallen werden, als die bis jetzt nach den höchstens annähernd richtigen Voraussetzungen gefundenen, ist klar.

Löwig erkennt (S. 52 seiner Abhandlung) an, daſs mittelst meiner Formel die specifischen Gewichte vieler flüssigen Verbindungen sich übereinstimmend mit der Beobachtung berechnen. Aber dennoch verspricht er den mathematischen Beweis zu liefern, 1) daſs die in meiner For-

mel enthaltenen Gröfsen falsch seyen, und 2) dafs das specifische Volum eines Elements nicht in allen Verbindungen gleich grofs seyn könne.

Was die mathematische Beweisführung betrifft, so wollen wir davon in dieser Sache im Allgemeinen absehen, da wir uns wohl noch lange mit Inductionsbeweisen begnügen müssen. Hinsichtlich dessen, dafs die in meiner Formel enthaltenen numerischen Werthe falsch seyen, habe ich nur zu bemerken, dafs ich sie nie für absolut wahre ausgegeben habe; aber ich glaube noch, dafs sie auf sicherere Weise gefunden sind, als die von Löwig proponirten Zahlen.

Hinsichtlich dessen, ob das spec. Volum eines Elements in allen seinen Verbindungen (bei correspondirenden Temperaturen) gleich grofs zu setzen sey oder nicht, und wie das spec. Volum eines in flüssigen Verbindungen enthaltenen Elements überhaupt zu bestimmen sey, sind wir sehr abweichender Meinung.

Auf die spec. Volume der Elemente in flüssigen Verbindungen läfst sich in verschiedener Weise schliefsen, auf directeren und auf indirecteren Wegen, mit sichereren und mit unsichereren Resultaten. Gewöhnlich ist der directeste Weg der sicherste, und ich kenne keinen directeren, mit willkührlichen Voraussetzungen weniger behafteten, als den, welchen ich eingeschlagen habe. Ich habe die spec. Volume von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zunächst aus den spec. Volumen des Wassers, des Aethers und des Alkohols bei ihrer Siedhitze ermittelt; diese Werthe sind durch directe Beobachtungen gegeben (ich benutzte die damals als die genauesten anerkannten; man hat jetzt neuere Beobachtungen, aber ich darf mich hier nur an das Frühere halten, denn diese Discussion betrifft nur die *Methode*). Die Resultate, die ich erhielt, schienen mir einigermafsen bestätigt dadurch, dafs man mittelst derselben die spec. Gewichte vieler Verbindungen in grofser Uebereinstimmung mit den Beobachtungen berechnen kann.

Was Löwig's Bestimmungsweise angeht, so ist hier zuerst zu beachten, dafs er Verbindungen zur Ermittlung

des spec. Volums der Elemente bei dem Siedpunkt benutzt, über deren spec. Volum bei dem Siedpunkt er Nichts weiſs (einige der von ihm benutzten Substanzen sind jetzt hinsichtlich ihrer Ausdehnung untersucht, was aber hier nicht in Betracht kommt). Löwig berechnet die Zunahme des spec. Volums der Substanzen bis zu dem Siedpunkt nach der Ausdehnung des Weingeists oder nach der des Aethers; je nach welcher, ist etwas sehr willkührlich. Für das Aceton wird z. B. nach dem Aether gerechnet; man dürfte vielleicht auch, weil das Aceton von mehreren Chemikern als den Alkoholen analog betrachtet wird, die Rechnung nach den letzteren führen wollen, was ein etwas anderes Resultat ergäbe.

Sodann hält Löwig die spec. Volume (d. h. doch die von ihm gebrauchten, für die Siedpunktstemperatur nach der oben angegebenen Weise berechneten) für sehr genau bestimmt, und glaubt (S. 53), ich werde gewiſs mit ihm in der Ansicht übereinstimmen, daſs das spec. Volum einer Verbindung sich mit der gleichen Genauigkeit angeben lasse, wie das Atomgewicht, wenn das spec. Gewicht und das Atomgewicht der (flüssigen organischen) Verbindung bekannt seyen. Hinsichtlich der von ihm gemachten Angaben über das spec. Volum mehrerer Verbindungen bei dem Siedpunkt derselben kann ich dieser seiner Ansicht nicht beistimmen; denn die Genauigkeit eines Quotienten hängt doch ab von der Genauigkeit der *beiden* Zahlen, durch deren Division er entstanden ist, und da es sich hier um specifische Gewichte bei correspondirenden Temperaturen handelt, da die correspondirenden Temperaturen noch von den Siedpunkten abgeleitet werden müssen, da den beobachteten Siedpunkten nach Löwig (S. 53) aus vielen Gründen zu miſstrauen ist, und da endlich bei ihm auf die Aenderung des spec. Gewichts irgend einer Substanz nur höchst unvollkommen durch beliebige Vergleichung mit dem Aether oder dem Weingeist geschlossen wird — so wird wohl, mathematisch genommen, aus einer sehr richtigen Dichtigkeitsbestimmung bei mittlerer Temperatur und einem sehr genau

bekannten Atomgewicht ein bei weitem weniger genaues spec. Volum für den Siedpunkt herausgerechnet werden können. Was Löwig (S. 53) über die Genauigkeit der spec. Volume sagt, scheint mir sich auf die von ihm in dieser Abhandlung ausschliefslich zur Rechnung gebrauchten, sämmtlich für den Siedpunkt geltenden, spec. Volume beziehen zu sollen; in einer mathematisch seyn sollenden Beweisführung sieht es aber sonderbar aus, wenn eine von einer als ungenau anerkannten Gröfse abhängige Gröfse als eine genaue hingestellt wird. Der Siedpunkt wird als eine ungenau bekannte Gröfse betrachtet, das spec. Volum bei dem Siedpunkt (so weit ich Löwig's Mittheilung verstehen kann) als eine genau bekannte.

Mit den angegebenermafsen für die Siedpunkte ermittelten spec. Volumen mehrerer Verbindungen sucht nun Löwig zu beweisen: 1) dafs dasselbe Element in verschiedenen Verbindungen ein verschiedenes spec. Volum haben könne, und 2) welche spec. Volume dem Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in bestimmten Verbindungen beizulegen seyen.

Diese zwei Sachen zusammen zu beweisen, hat aber grofse Schwierigkeiten, denn sie widerlegen sich gegenseitig. Wenn man nämlich das unter 1) Behauptete beweist, so beweist man, dafs man das unter 2) zu Beweisende nicht beweisen kann.

Nimmt man nämlich allgemein an, dafs dasselbe Element in verschiedene Verbindungen bei correspondirenden Temperaturen verschiedene spec. Volume haben kann, so mufs man sogleich davon abstehen, diese Volume bestimmen zu wollen, sobald man, wie Löwig, zur Bestimmung Beobachtungen an *zwei* Verbindungen combinirt [1]). Denn für die-

1) Löwig hätte diefs eigentlich nicht nöthig gehabt. Er hätte nur ganz von vorn herein anzunehmen brauchen, der Sauerstoff im Aether oder im Aceton erfülle gar keinen Raum, und das spec. Gewicht des Wasserstoffs sey hier gleich dem des Kohlenstoffs. Es wäre diese Art, unbegründete Annahmen zu machen, zwar noch etwas auffallender als die in seiner Darstellungsweise gewählte, aber nicht ärger.

diese zwei Verbindungen mufs man doch voraussetzen, dieselben Elemente seyen in ihnen mit denselben spec. Volumen enthalten. Diese Voraussetzung ist aber offenbar eine ganz willkührliche, wenn im Allgemeinen das spec. Volum variabel ist; wenn jene Voraussetzung richtig wäre, so könnte diefs nur auf einem Zufall beruhen; und auf diesen darf man sich hier doch nicht verlassen.

Eine solche ganz willkührliche Voraussetzung ist aber die Basis von Löwig's Theorie; sie ist so willkührlich, dafs wir auf die anderen willkührlichen Annahmen — z. B. ganz von vorn herein, und ohne allen Grund und Entschuldigung anzunehmen, im Aether und Aceton sey das spec. Gewicht des Kohlenstoffs gleich dem des Wasserstoffs — eigentlich gar nicht einzugehen brauchen [1]).

Löwig setzt voraus; im Aethyloxyd und im Aceton seyen dieselben Elemente mit demselben spec. Volum enthalten. Als Grund für diese Voraussetzung finde ich nur (S. 60) angegeben, dafs Löwig diese beiden Stoffe *zuerst* wählte, »weil alle Verhältnisse derselben, namentlich ihre Bildungsweise, dafür sprechen, dafs sie einfache Oxyde sind mit 1 Atom Sauerstoff.«

Hätte Löwig diese beiden Verbindungen nicht *zuerst* mit einander verglichen (und, beiläufig bemerkt, gern zwei Verbindungen als Ausgangspunkte zusammengestellt, aus denen als Folgerung hervorgehen soll, Sauerstoff könne sich mit Kohlenwasserstoff verbinden, ohne Volumsvergröfse-

1) Oben sagte ich, hier vorzüglich die *vierte* Abhandlung Löwig's (diese Annalen, Bd. 68, S. 51 ff.) berücksichtigen zu wollen, weil diese gewissermafsen ein Resumé seiner Theorie über die spec. Volume ist. Es versteht sich aber von selbst, dafs ich in den früheren drei Abhandlungen desselben nach Allem gesucht habe, was etwa die oben erwähnten willkührlichen Annahmen in etwas rechtfertigen könnte; wer zusehen will, dafs man Nichts der Art findet, und wer sich über die Richtigkeit der von mir ausgesprochenen Ansicht ein Urtheil bilden will, wird wohl auch vorzüglich die erste Abhandlung Löwig's (diese Annalen, Bd. 64, S. 209 ff.) nachsehen, wo er S. 213 ff. finden wird, welche Annahmen Löwig für den Leser vom Himmel fallen läfst.

rung zu veranlassen), so wäre er zu ganz anderen Folgerungen gekommen.

Es scheint mir, das Aethyloxyd sey nicht in solchem Grade mit Aceton vergleichbar, als mit Methyloxyd oder mit Amyloxyd. Ich gebe zu bedenken, ob nicht die Voraussetzung mehr gerechtfertigt erschiene (wenn man denn glauben will, ein Element könne in verschiedenen Verbindungen bei correspondirenden Temperaturen verschiedene specifische Volume haben), es möchte zufällig der Kohlenstoff (und eben so der Wasserstoff) in dem Aethyloxyd dasselbe spec. Volum haben, wie im Methyloxyd, — als die: dieses finde statt für Aethyloxyd und Aceton.

Im Aethyloxyd und im Aceton soll, nach Löwig, der Kohlenstoff mit demselben spec. Volum enthalten seyn, eben so der Wasserstoff. Der Sauerstoff soll in beiden Substanzen gar keinen Raum erfüllen [1]. In dem Methyloxyd soll es mit dem Sauerstoff eben so aussehen; auch in dem Amyloxyd. Dagegen soll in dem Methyloxyd und dem Amyloxyd das spec. Volum des Wasserstoffs noch einmal so groſs seyn, als in dem Aethyloxyd und dem Aceton, und in dem Amyloxyd soll das spec. Volum des Kohlenstoffs etwa $\frac{2}{3}$ so groſs seyn, als im Methyloxyd, Aethyloxyd und Aceton. — Wenn Löwig das für möglich hält, so kann man doch fragen, woher er die Möglichkeit erkannt hat, daſs in dem Aethyloxyd und Aceton die spec. Volume derselben Elemente ganz gleich sind. Ich weiſs es, weshalb er das vermuthet, aber Löwig sollte es sagen; es geschieht, um einen Beweis zu construiren, daſs das spec. Volum des

1) Wenigstens kann ich mir nur in diesem Sinne es vorstellen (es klar zu begreifen, vermag ich nicht), wenn Löwig sagt, das spec. Volum des Aethers (C_4H_5O) sey 29 Raumeinheiten (à 22,87), und das spec. Volum des darin enthaltenen C_4H_5 sey auch 29 solche Raumeinheiten. Löwig meint, es trete eine Verdichtung ein, wenn sich O mit C_4H_5 verbinde; das ist ein Widerspruch, denn eine solche Verdichtung des Sauerstoffs, daſs die Raumerfüllung oder das spec. Volum $=0$ ist, ist nicht denkbar, und ist das spec. Volum von O in C_4H_5O nicht $=0$, so kann das spec. Volum von C_4H_5 in C_4H_5O nicht gleich dem von dem ganzen C_4H_5O seyn.

Sauerstoffs im Aethyloxyd u. s. w. = 0 ist. In diesen letzten Worten liegt so wenig Sinn (wenn man an die atomistische Theorie in irgend einer Art glaubt), dafs sie als Folgerung nothwendig die Unrichtigkeit der Prämissen darthun, wenn sich diese überhaupt so darthun läfst, dafs man zeigt, sie führen zu einer absurden Folgerung; aber unbegreiflich ist es, wie man Prämissen geflissentlich aufsuchen kann, die zu einer solchen Folgerung hinführen sollen.

Ich glaube, dafs diese Betrachtung genügt, um einsehen zu lassen, welcher Art Löwig's Theorie ist, und mit welchem Recht ich die von Löwig (S. 62) hervorgehobene Ansicht aussprach und noch ausspreche, ich könne in dem von ihm Mitgetheilten keinen Beweis der Richtigkeit oder nur irgend einer Wahrscheinlichkeit finden. Wenn man ohne allen Grund annimmt, die spec. Gewichte des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs seyen im Aethyloxyd einander ganz gleich, und eben so grofs wie im Aceton, und wenn man dann für das Methyloxyd und das Amyloxyd ganz andere Annahmen macht; wenn man voraussetzt, das spec. Volum des in einer Verbindung enthaltenen Sauerstoffs könne = 0 seyn u. s. w. — so macht man eine Theorie, die wirklich nicht einmal einen Schein von Wahrsheinlichkeit hat. Löwig meint (S. 59), »er könne jedem die Versicherung geben, der sich mit diesem Gegenstand befassen wolle, dafs er zu keinem Resultat gelange, wenn er auf den von Schröder und mir eingeschlagenen Wegen wandele, wenn man nämlich die Absicht habe, den Grund der stattfindenden Regelmäfsigkeiten unn Abweichungen zu erforschen.« Bei einer solchen Versicherung hätte Löwig wohlgethan, einen besseren Weg zu zeigen; Schröder, dessen Ansichten ich nicht theile, wofür ich meine Gründe in diesen Annalen, Bd. 63, S. 311 ff. ausgesprochen habe, hat doch auch in seinen letzten Arbeiten, so weit dieselben die spec. Volume der Flüssigkeiten betreffen, so colossal unwahrscheinliche Voraussetzungen nicht zu Tage gefördert. Was mich betrifft, so hätte Löwig daran denken sollen, dafs ich auf dem von mir eingeschlagenen Wege mindestens, auch für

ihn, fand, dafs hinsichtlich der spec. Volume der flüssigen organischen Verbindungen Regelmäfsigkeiten existiren; dafs ich mindestens auch für ihn fand, hinsichtlich dieses Gegenstands sey etwas zu finden. Den Weg, den ich gehe, suche ich möglichst sicher zu machen, aber auf dem von Löwig eingeschlagenen Weg werde ich nicht straucheln. Seine Methode, durch Combination der spec. Volume vieler Verbindungen auf die spec. Volume der Elemente zu schliefsen habe auch ich versucht, als ich 1843 die Untersuchungen anstellte, deren Resultate im 50. Band von Liebig's und Wöhler's Annalen publicirt sind, und ich glaube mich noch dazu bei Anwendung jener Methode von solchen Voraussetzungen, wie sie Löwig unbedenklich macht, frei gehalten zu haben. Ich habe diese Methode verlassen, weil ich nicht gewohnt bin, die scheinbare Regelmäfsigkeit, die sich mir bei der Vergleichung einiger zufälligerweise *zuerst* unter die Hände gekommener Beobachtungen ergiebt, für die fundamentale zu halten; in einem solchen Fall ist es sehr gut, auch andere Verbindungen zu vergleichen, und wenn sich da andere, eben so wahrscheinliche, Regelmäfsigkeiten ergeben, so schliefse ich, dafs hier wohl eine Regelmäfsigkeit existirt, dafs aber meine Methode, ihre Ursache zu erkennen, nicht die richtige ist. Es ist das der Grund, weshalb ich arbeitete, bis ich eine directere Methode zur Bestimmung des spec. Volums der in flüssigen Verbindungen enthaltenen Elemente ermittelt hatte, die höchstens approximative, vielleicht irrige, Resultate ergab, die aber von solchen Fehlern frei ist, wie sie der Löwig'schen Methode zur Last fallen, und welche ich deshalb der letzteren noch immer vorziehen mufs. Ich bedauere, sagen zu müssen, dafs Löwig, der den eben über Methode geäufserten Ansichten sicherlich beistimmt oder beistimmen wird, durch ihre Befolgung sich die Mühe der Construction seiner Theorie, mir die Mühe diese Bemerkung niederzuschreiben, denjenigen, welche vielleicht diesen Untersuchungen folgen, die Mühe Alles zu lesen, und vorliegender Zeitschrift schätzbaren Raum erspart hätte, wobei wir alle gewonnen hät-

ten. Ich glaube, dafs Löwig jenen Ansichten beistimmen wird, weil er selbst schon die Erfahrung gemacht hat, dafs die bei der Vergleichung der *zuerst* gewählten Verbindungen sich zeigende anscheinende Regelmäfsigkeit nicht immer die fundamentale ist; so z. B. als er 1844 (in der Vorrede zu der zweiten Auflage seiner organischen Chemie) das Aldehyd und das Essigsäurehydrat, das Bittermandelöl und die Benzoësäure u. a. verglich, die spec. Volume, wie sie für mittlere Temperatur gelten, zusammenstellte, und den Schlufs zog, der Sauerstoff verschwinde, dem Raum nach, wenn er Aldehyd zu Essigsäurehydrat u. s. w. mache, beiden Körpern komme ein gleiches spec. Volum zu. Er nimmt dieses nicht mehr an, weil er nicht mehr das spec. Volum des Aldehyds bei 4° unter seinem Siedpunkt mit dem des Essigsäurehydrats bei 104° unter seinem Siedpunkt vergleicht; aber die Ansicht, die er damals hatte, das spec. Volum des Sauerstoffs könne =0 seyn, ist haften geblieben, und ihr verdanken wir seine hier besprochene Theorie.

Mein Versuch, das spec. Volum der Elemente in den flüssigen organischen Verbindungen zu bestimmen, ist gewifs ungenau, und ich habe das genugsam ausgesprochen. Aber diesem Versuch lag doch keine einzige solche Annahme zu Grunde, wie Löwig's Bestimmungen; wenn ich es als eine annähernde Wahrheit betrachtete, dafs die spec. Volume Eines Aequivalents Sauerstoff und Eines Aequivalents Wasserstoff einander gleich sind, so wiesen (und zwar von Löwig anerkannte) Beobachtungen darauf hin, während Löwig ohne allen Grund voraussetzt, im Aethyloxyd und Aceton sey das spec. Gewicht des Kohlenstoffs gleich dem des Wasserstoffs, obgleich er es für das Methyloxyd und Amyloxyd nicht annimmt. Löwig wird erstere Voraussetzung nicht mit derjenigen parallelisiren wollen, die ich, in Ermanglung genauerer Kenntnifs (oder wie ich mich ausdrückte, als ein Bekenntnifs unserer Unwissenheit) machte: Das Ausdehnungsvermögen der in flüssigen Verbindungen enthaltenen Elemente als gleich anzunehmen. Aus den bekannten spec. Gewichten zweier Metalle bei 0° und dem

bekannten Ausdehnungsvermögen des einen kann man nur annähernd auf das spec. Gewicht des andern bei einer andern Temperatur schliefsen, indem man gleiche Ausdehnung für beide voraussetzt; aber diese unrichtige Voraussetzung kann bei weitem nicht so falsche Resultate ergeben, als die offenbar unstatthafte, für zwei Metalle geradezu von vorn herein gleiches spec. Gewicht anzunehmen. — Mein Versuch ergab eine Formel, an welcher ich, bis eine bessere aufgestellt wird, deswegen festhalte, weil diese Formel und die in ihr enthaltenen Werthe mit Zuziehung von möglichst wenig willkührlichen und möglichst unschädlichen Annahmen, und aus den (damals) besten und vollständigsten Beobachtungen gefunden wurde. Jene Formel ergiebt für die meisten Substanzen Resultate, die mit den Beobachtungen sehr genügend übereinstimmen; die Differenzen scheinen mir eher dafür zu sprechen, dafs man die annähernd richtigen Annahmen durch richtige ersetzen müsse, als dafür, dafs man einen anderen Weg einschlagen soll, das spec. Volum der Elemente in ihren flüssigen Verbindungen zu bestimmen. Dieser andere Weg ist der, zur Bestimmung unsichere Gröfsen zu benutzen, spec. Volume für die Siedpunktstemperatur von Substanzen, auf deren Ausdehnung nur durch unsichere und willkührliche Annahmen geschlossen wird. Löwig kümmert sich nicht um die Fragen: wie sich das specifische Volum der einzelnen Elemente in den Verbindungen mit der Temperatur ändere, welchen Einflufs der Irrthum ausüben könne, dafs man vom Siedpunkt gleich weit abstehende Temperaturen für correspondirende (von gleicher Dampfelasticität) halte u. s. w. Und doch glaubt er zu wahren Resultaten zu kommen, und nennt die Art zu forschen unsicher, in welcher jede Annahme hinsichtlich ihrer Zulässigkeit beurtheilt, in welcher Alles, was gegen das erhaltene Resultat spricht, gewissenhaft mitgetheilt, und das Gesammtergebnifs nur mit Vorsicht und ausdrücklich als etwas Mangelhaftes aufgestellt wurde. Löwig meint, meine Formel gebe mit der Erfahrung gut übereinstimmende Resultate, weil alle Zahlen in ihr falsch seyen, was im

Gesammtresultat eine Ausgleichung hervorbringe. Wer die Aufstellung meiner Formel mit der Aufstellung von Löwig's Theorie vergleichen will, stimmt mir vielleicht bei, wenn ich die letztere mit dem Versuch vergleiche, aus einer Menge von Mineralanalysen das Atomgewicht der Kieselerde abzuleiten, wo man auch sehr verschiedene Gröfsen bekommen kann, nach welchen sich einzelne Analysen sehr genau mit den Ergebnisssen der Erfahrung übereinstimmend berechnen lassen; was aber nicht beweist, dafs diese Methode besser ist als die, auf möglichst einfachem Weg das Atomgewicht dieser Substanz zu bestimmen, und mit dem Einen so gefundenen Resultat die Rechnungen zu führen und mit den Ergebnissen der Analysen zu vergleichen. Ganz dasselbe läfst sich über Löwig's Methode sagen, die Richtigkeit der von mir bestimmten Werthe für das spec. Volum der Elemente in Verbindungen zu prüfen.

Dafs Löwig's Theorie, abgesehen von den Kapitalmängeln, die ich ihr oben nachgewiesen habe, eine solche ist, mit welcher in Uebereinstimmung sich eine Menge ganz verschiedener Resultate berechnen lassen, ist so klar, dafs es mich wundert, wie Löwig sich auf eine einfache Erinnerung hin nicht selbst durch einen Versuch überzeugt hat; er wünscht (S. 63), ich möchte zeigen, wie das der Fall sey. So unnöthig diefs ist (und unangenehm, denn ich habe solche Rechnungen schon mehrmals in der Art publiciren müssen) will ich doch diesem Wunsch entsprechen.

Löwig wird mir zugestehen, dafs man zufällig *zuerst* etwas anderes als Aethyloxyd und Aceton als solche Substanzen zusammenstellen kann, in welchen der Kohlenstoff (und auch der Wasserstoff und Sauerstoff) vielleicht zufällig dasselbe spec. Volum hat; dafs z. B. zufällig Aethyloxyd und Methyloxyd *zuerst* als solche Verbindungen verglichen werden können; für welche Zusammenstellung sich mindestens eben so gute Gründe anführen liefsen, als für die von ihm beliebte des Aethyloxyds mit dem Aceton. Stellt man nun Aethyloxyd und Methyloxyd zusammen, und rechnet immer mit den von Löwig benutzten Zahlen und streng

nach seiner Methode (nach der Anleitung von S. 60 ff. seiner Abhandlung), so erhält man:

Spec. Volum des Aethyloxyds	C_4H_5O	$= 663$
- - - Methyloxyds	C_2H_3O	$= 411$
Spec. Volum für	C_2H_2	$= 252.$

Nimmt man nun, mit Löwig (aber ohne allen Grund), an, das spec. Gewicht des Kohlenstoffs sey hier gleich dem des Wasserstoffs, so müſste von dem Raum $=252$ $\frac{12}{14}$ dem Kohlenstoff und $\frac{2}{14}$ dem Wasserstoff zukommen. Nimmt man nun das Atom des Wasserstoffs $=12,5$ zur Einheit, so sind $C_2H_2 = 14$ Einheiten (oder $14.12,5 = 175$ Gewichtstheilen). Der Raum, den die Gewichtseinheit (12,5) einnimmt, wird also (nach Löwig's Methode) gefunden, wenn 252 durch 14 getheilt wird. Nun ist $\frac{252}{14} = 18$. Es enthält der Aether aber 24 G.E. Kohlenstoff und 5 G.E. Wasserstoff $=29$ G.E. CH, und das Methyloxyd 12 G.E. Kohlenstoff und 3 G.E. Wasserstoff $=15$ G.E., und es läſst sich zeigen, daſs wenn man die Raumeinheit (18) mit 29 und mit 15 multiplicirt, und die Producte von den spec. Volumen des Aethyloxyds und des Methyloxyds abzieht, für das Volum von O in beiden Rechnungen sich derselbe Werth ergiebt:

$29.18 =$ Volum von C_4H_5	$=522$	$15.18 =$ Volum von C_2H_3	$=270$
Volum von C_4H_5O	$=663$	Volum von C_2H_3O	$=411$
Volum von O	$=141$	Volum von O	$=141$

O ist aber $=8$ Gewichtseinheiten, und $\frac{141}{8} = 17,6$; d. h. wenn die Gewichtseinheit Kohlenstoff oder Wasserstoff einen Raum $=18$ erfüllt, so findet man den Raum für die G.E. Sauerstoff nach dieser merkwürdigen Betrachtung fast genau eben so groſs, $=17,6$.

Dieses Resultat findet eine ausgezeichnete Bestätigung in der Vergleichung des Aethyloxyds und des Methyloxyds mit dem Amyloxyd, denn man findet da fast ganz genau übereinstimmende Werthe:

Amyloxyd $C_{10}H_{11}O = 1412$	Amyloxyd $C_{10}H_{11}O = 1412$
Aethyloxyd $C_4 H_5 O = 663$	Methyloxyd $C_2 H_3 O = 411$
Volum von $C_6H_6 = 749$	Volum von $C_8H_8 = 1001$
$C_6H_6 = 42$ G. E.	$C_8H_8 = 56$ G. E.
V. E. C oder H für 1 G. E. = 17,8	V. E. C oder H für 1 G. E. = 17,9
Damit das Volum für O = 148	Damit das Volum für O = 141
Die V. E. für 1 G. E. O = 18,5	Die V. E. für 1 G. E. O = 17,6

Nimmt man an, die V. E. für 1 G. E. O, C oder H sey = 18, so berechnet sich das spec. Volum von

Amyloxyd	79 G. E. zu	79 . 18 = 1428	Löwig setzt 1412
Aethyloxyd	37 - -	37 . 18 = 666	- - 663
Methyloxyd	23 - -	23 . 18 = 414	- - 411.

Im Wasser nimmt offenbar (nach Löwig's Methode) der Sauerstoff nur $\frac{2}{3}$ des Volums ein, wie in den vorhergehenden Substanzen; 8 Gewichtstheile O entsprechen hier 5,33 V. E.; die 9 G. E. HO also 6,33 V. E.

Wasser 6,33 . 18 = 114 Löwig setzt (S. 63) 114.

Dieses spec. Volum des Wassers zu denen der vorherge henden Substanzen addirend, erhält man die specifischen Volume von:

Fuselöl	zu 1542	Löwig setzt 1529
Weingeist	- 780	- - 780
Holzgeist	- 528	- - 528.

Mit derselben Condensation wäre der Sauerstoff in dem Aceton enthalten; für dieses hätte man alsdann 26,33 V. E. und:

26,33 . 18 = 474 Löwig setzt 480.

Man könnte auch eine solche Rechnung führen, wie sie Löwig S. 63 f. beliebt, nämlich in die von Löwig angegebene spec. Volume mit der nach dem Vorhergehenden bestimmten Zahl, wie viel Volumeinheiten in Einem spec. Volum einer Verbindung enthalten ist, dividiren, und zusehen, ob die Quotienten gleich sind:

	Sp. V.	V. E.	Quotient.
Weingeist	780	43,33	18,0
Aether	663	37	17,9
Aceton	480	26,33	18,2

	Sp. V.	V.E.	Quotient.
Ameisens. Aether	1073	60	17,9
Essigs. Aether	1323	74	17,9
Holzgeist	528	29,33	18,0
Fuselöl	1529	85,33	17,9
Baldrians. Methyloxyd	1832	102	18,0.

Es ist hier, übereinstimmend mit Löwig, angenommen, dafs das spec. Volum der wasserfreien Ameisensäure so grofs sey, als das des Methyloxyds u. s. f. — Gewifs könnte man von dieser Tabelle mit demselben Recht sagen, was Löwig (S. 64) von seiner Rechnung sagt: »Eine gröfsere Uebereinstimmung in Volumen der Raumeinheit kann nicht verlangt werden«, namentlich wenn man bedenkt, dafs das Resultat für das Aceton noch übereinstimmender gemacht werden kann, wenn man das spec. Volum desselben für den Siedpunkt nicht mit Löwig nach der Ausdehnung des Aethers, sondern nach der des Weingeists berechnet.

Diese Rechnungen verdienen mindestens eben so viel Vertrauen, als die Löwig's, und sie sind überdiefs frei von der unstatthaften Annahme, das spec. Volum des Sauerstoffs könne $=0$ seyn. Die Unzulässigkeit der Methode, nach welcher sie und die von Löwig angestellt worden sind (und eine beliebige Menge anderer, eben solche Regelmäfsigkeiten ergebender, angestellt werden können), geht aber gerade daraus hervor, dafs sich nach ihr ganz widersprechende Resultate finden lassen.

Selbst wenn man Löwig's Rechnung für die spec. Volume, womit die Elemente im Aethyloxyd und im Aceton enthalten seyen, passiren lassen wollte, wären doch seine Annahmen willkührlich, welche abgeänderte spec. Volume den Elementen in anderen Verbindungen zukommen. Er nimmt an (S. 61), im Methyloxyd sey das spec. Volum des Kohlenstoffs noch ungeändert, das des Wasserstoffs aber auf das Doppelte ausgedehnt, und er fügt hinzu, eine andere Annahme sey gar nicht möglich (womit eine Aeufserung, S. 62, nicht in Einklang steht, wo er selbst einer anderen Annahme nicht als einer unmöglichen, sondern nur

als einer unrichtigen erwähnt). Aber man könnte eben so gut annehmen, das spec. Vol. des Kohlenstoffs sey im Methyloxyd $\frac{5}{4}$ so grofs, das des Wasserstoffs eben so grofs, als Löwig es bei Aceton und Aethyloxyd angenommen hat. Das Resultat in der Berechnung wäre das nämliche. Auch könnte man wohl annehmen, Kohlenstoff und Wasserstoff hätten im Methyloxyd dasselbe spec. Volum, wie im Aethyloxyd, der Sauerstoff aber ein anderes; Löwig kann ja eben so consequent annehmen, das spec. Volum des Sauerstoffs sey im Aethyloxyd $=0$, im Methyloxyd aber nicht; wie er annimmt, der Wasserstoff habe in beiden Verbindungen ein verschiedenes spec. Volum. Eben so lassen sich für das Amyloxyd andere Verhältnisse annehmen, als diefs Löwig gethan hat, wie er selbst (S. 62) gesehen zu haben scheint. Auf welchen Grund hin er aber annimmt, im Amyloxyd habe der Wasserstoff dasselbe spec. Volum, wie im Methyloxyd, wenn dieses doch im Aethyloxyd ein anderes seyn soll, hätte er nicht vorenthalten sollen. Die Angabe dieses Grunds vermifst man eben so schmerzlich, als den chemischen Beweis, weshalb Löwig — der nach S. 59 eingesehen hat, dafs zunächst die rationellen Formeln bei den Vergleichungen zu berücksichtigen seyen — das Aethyloxyd und das Aceton für so vergleichbare Substanzen hält, dafs man den in ihnen enthaltenen Elementen dieselben spec. Volume beilegen darf, das Aethyloxyd und das Methyloxyd aber für nicht vergleichbare Substanzen.

Löwig scheint (S. 62) nicht ganz absprechen zu wollen, dafs man andere spec. Volume für die Elemente in bestimmten Verbindungen annehmen könne, als er gethan hat, und zwar solche, welche zu denselben oder nahe denselben Rechnungsresultaten führen. Wenn er aber sagt: »der Maafsstab für die Richtigkeit ist, ob man mit diesen Werthen auch die spec. Gewichte und namentlich solcher »(Verbindungen)« berechnen könne, in welchen das Verhältnifs der Kohlen- und Wasserstoffatome divergirend ist,« so spricht er hier wie einer, der die zu bestimmenden Werthe

für constante hält; ein solcher könnte diese Aeufserung thun, Löwig aber darf es nicht, da ja nach seiner Ansicht mit denselben Werthen für die spec. Volume der Elemente sich die spec. Gewichte der verschiedenen Verbindungen nicht genau berechnen lassen dürfen, gerade weil nach ihm jene Werthe variabel seyn sollen, und weil sie von ihm für die einzelnen Verbindungen willkührlich und immer anders bestimmt werden.

Schliefslich mufs man anerkennen, als wie weit vorgeschritten die Kenntnifs des Zusammenhangs betrachtet wird, in welchem das spec. Gewicht und der Siedpunkt und die atomistische Zusammensetzung stehen. Es ergiebt sich diefs daraus, welche Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung man jetzt als solche betrachtet, aus denen die Unzulässigkeit der ersteren bestimmt hervorgehe. Vor wenigen Jahren hätte man sich wohl wenig darüber gewundert, wenn ein Kohlenwasserstoff $C_{12}H_6$ (Benzin) mit dem Siedpunkt 86° nicht das spec. Gewicht 0,85, sondern ein anderes — 1,2 etwa oder sonst etwas — gezeigt hätte. Man hätte das letztere hingenommen, wie das erstere, weil man nicht aus der Formel und dem Siedpunkt auf das spec. Gewicht schliefsen konnte. Wie anders jetzt, wo Löwig (S. 59) meint, meine Formel werde durch die Beobachtung widerlegt, denn sie gebe für das spec. Gewicht des Benzins bei 19° 0,80 (richtig rechnend wird man 0,814 erhalten), während die Beobachtung 0,85 gegeben habe. — Löwig ist der Ansicht, das Benzin sey eine genau untersuchte Verbindung; ich stimme ihm bei, möchte aber dieses Prädicat auch dem Wasser, HO, nicht absprechen, und mufs deshalb hervorheben, dafs für das Benzin jene Differenz wohl nicht viel gröfser ist, als die zwischen Löwig's Rechnung und der Beobachtung für das Wasser. Seite 63 nimmt dieser für das spec. Volum des letzteren bei seinem Siedpunkt $5 \cdot 22{,}87 = 114$ an, was indefs nicht ganz genau sey, da die Beobachtung 117 ergebe.

Löwig hat im **September** 1844 (in der Vorrede zu der zweiten Auflage seiner organischen Chemie, S. XVIII) mich zur öffentlichen Beurtheilung seiner Ansichten über die specifischen Volume der organischen Verbindungen aufgefordert, und er sprach aus, von meiner Unpartheilichkeit vollkommen überzeugt zu seyn. Mit bestem Gewissen kann ich erwarten, dafs die vorstehende Kritik seine Ueberzeugung nicht ändern wird. Ich habe mich über seine damaligen Ansichten und über seine später in diesen Annalen aufgestellten nicht geäufsert, aufser nur kurz in **Liebig's** und **Wöhler's** Annalen, Bd. 55, S. 199 f. **Löwig** hat das, was ich da sagte, wohl der Berücksichtigung nicht für werth gehalten, denn bei einiger Berücksichtigung hätte er den Inhalt der vorstehenden Seiten sich selbst deduciren können. Auf die Gefahr hin, dafs es mifsdeutet werden könne, wenn ich seine Behauptungen unberücksichtigt liefs, während ich früher mehrere, von einer anderen Seite ausgegangenen ernstlich geprüft und beurtheilt hatte, enthielt ich mich einer weitläufigeren öffentlichen Kritik, und zwar deshalb, weil ich es müde war, das undankbare Geschäft des Kritisirens weiter fortzusetzen, weil ich einsehe, dafs in dem hier behandelten Gegenstand jetzt mehr geschrieben als gearbeitet wird, und ich nicht gern die schon vorhandene Litteratur darüber in dieser Weise vermehre, und weil ich endlich dachte, die Unzulässigkeit der **Löwig'**schen Ansichten müsse in die Augen fallen. Wenn aber jetzt die vierte grofse, in der oben geprüften Manier gearbeitete Abhandlung in einer Zeitschrift erscheint, die jeder darin enthaltenen Arbeit wenigstens eine äufsere Bedeutsamkeit giebt, und wenn sich nicht absehen läfst, wann das von selbst aufhören wird, so ist die Veröffentlichung dieser Kritik für mich Pflicht.

Wenn man aber irgend darauf sich verlassen kann, dafs die Unzulässigkeit von Annahmen vor Augen liegt und eine Kritik nicht nöthig ist, so mufs diefs in Beziehung auf **Löwig's** Arbeiten über die Siedpunktsregelmäfsigkeiten der Fall seyn. Wir haben oben Annahmen desselben bespro-

chen, die willkührlich sind, und die er für naturgemäfse hält; sie sind Nichts gegen seine Annahme, der (doch so ungemein willkührlich angenommene) Nullpunkt am Thermometer sey, wenn man sich so ausdrücken darf, ein von Gott eingesetzter. In diesen Annalen, Bd. 66, S. 265, ist die Behauptung zu lesen, wenn C_4H_5O, C_2O_3 bei 185° siede, so müsse eine Verbindung $C_8H_{10}O_2$, C_4O_6 bei 370° kochen u. s. w; Löwig multiplicirt aufser den Formeln auch die Siedpunkte, und der Siedpunkt 370° ist ihm ein absolut doppelt so hoher, als der 185°. — Löwig zieht a. a. O. gegen einen Gelehrten zu Feld, von dessen willkührlichen Annahmen auch ich sonst glaubte, hier sey das *non plus ultra* geleistet; bei der Durchlesung von Löwig's Arbeiten fühlte ich, dafs ich Jenem, in diesem Punkte, Unrecht gethan hatte.

IV. *Ueber die täglichen Veränderungen der Temperatur der Atmosphäre; von H. Dove.*

(Aus den Monatsbericht. d. Academie. Auszug aus einer am 6. Aug. gelesenen Abhandlung.)

Da die Insolation so lange wirkt, als die Sonne sich über dem Horizont befindet, die Ausstrahlung hingegen ununterbrochen, die Gegenwirkung jener erwärmenden und dieser abkühlenden Ursache aber die Zu- und Abnahme der Luftwärme in der täglichen Periode bedingt, so folgt unmittelbar, dafs die Gestalt der täglichen Temperaturcurve vom Winter zum Sommer hin sich erheblich ändern mufs. Stunden, welche zu einer bestimmten Zeit des Jahres daher nahe die mittlere Temperatur geben, entsprechen zu einer anderen Zeit dieser Bedingung nicht. Man mufs daher veränderliche wählen, welche aber richtig einzuhalten äufserst schwierig ist. Aufserdem ist die Auffindung der mittleren Temperatur eines gegebenen Zeitabschnitts nicht die einzige

Aufgabe; Barometer, Hygrometer haben eine gleiche Berechtigung auf Berücksichtigung, und die für ein Instrument passenden Stunden sind unpassend für das andere. Es ist daher hier wie überall der indirecte Weg dem directen vorzuziehen, d. h. es ist am angemessensten, feste Stunden so zu legen, dafs sie bequem eingehalten werden können, und durch Rechnung die Abweichung derselben vom Mittel zu bestimmen. Von diesem richtigen Gesichtspunkte ging die Manheimer Societät aus, indem sie die Stunden 7, 2, 9 einführte, die man auch in Deutschland und Nordamerika glücklicherweise gröfstentheils beibehalten hat. Um aber die Abweichung jedes beliebigen Zeitpunktes in der täglichen Periode vom Mittel zu erhalten, mufs der Gang der Temperatur durch eine Formel dargestellt werden, welche die wahrscheinlichste Interpolation zwischen den Beobachtungen gestattet. Solche Formeln sind für Leith, Padua, Halle, Göttingen von Kämtz; für Helsingfors, Apenrade, Salzuflen, die karische Pforte, Matoschkin Schar, Boothia felix, Rio Janeiro, Madras von Hällström, für die Melville Insel, Port Bowen, Igloolik, die Winterinsel, Fort Franklin und Hecla Cove von Burghardt; für Plymouth von Eklöf; für Mühlhausen von Graeger; für Kremsmünster von Marian Koller berechnet worden. Aber diese Stationen reichen noch nicht aus, für jeden Ort die Correctionselemente zu liefern. In Beziehung auf die heifse Zone sind nämlich für Rio Janeiro die Formeln auf Beobachtungen gegründet, welche während der Nacht unterbrochen wurden, in Beziehung auf Madras zwar auf stündliche Beobachtungen, aber auf eine zu kurze Reihe derselben, nämlich drei Tage für jeden Monat; endlich ist es in Beziehung auf die gemäfsigte Zone mifslich, die für europäische Stationen erhaltenen Bestimmungen auf amerikanische und asiatische Stationen auszudehnen. Wie an einem anderen Orte nachgewiesen worden ist, zeigt nämlich Asien das ganze Jahr hindurch den Charakter des Continentalklimas, Europa den des Seeklimas, während Amerika im Winter dem Continentalklima angehört, im Sommer dem See-

klima. Da nun der Spielraum aller periodischen Veränderungen an jedem Orte vom Winter zum Sommer hin zunimmt, und wenn man auf der Erdoberfläche fortgeht, desto gröfser wird, je mehr man aus dem Gebiete des Seeklimas in das des continentalen fortschreitet, so ist man berechtigt, in Asien die erheblichsten Unterschiede des Spielraums der Oscillationen vom Winter zum Sommer hin zu erwarten, in Amerika die geringsten. Die absolute Gröfse des Spielraums mufs hingegen in Asien erheblicher seyn als in Europa und Amerika.

Durch die meteorologischen Beobachtungen der durch das englische und russische Gouvernement errichteten Stationen ist jetzt Material vorhanden, die angedeuteten Lücken auszufüllen. Der Verf. hat daher, um die Correctionselemente für die monatlichen Wärmemittel so vollständig wie möglich zu ermitteln, einerseits nach den bereits berechneten Formeln Tafeln construirt, welche diese Correctionen durch Abziehen des Mittels von den berechneten Werthen jeder einzelnen Stunde sowohl für diese selbst als für die gebräuchlichsten Combinationen mehrerer Stunden enthalten, als auch für die neu hinzugekommenen Stationen die Formeln selbst berechnet, um darauf neue Tafeln zu gründen. Die Stationen sind:

Trevandrum. 5 Jahre, stündliche Beobachtungen; handschriftlich mitgetheilt von Hrn. Caldecott, Juni 1837 bis Mai 1842. Diese Beobachtungen sind von da an nach Göttinger Zeit fortgesetzt, und bilden eine Reihe von $8\frac{1}{2}$ Jahr stündlicher Beobachtungen.

Bombay. Sept. 1842 bis 1843, 16 Monate, aus George Buist *meteorological Observations for* 1842, *made at the Bombay Government Observatory*, und *report on the meteorological Observations made ad Calaba Bombay for* 1843.

Frankfort Arsenal bei Philadelphia. Stündlich, 1 Jahr 2 Monat, *Obs.* Mardochai; aus dem *Journal of the Franklin Institution.*

Toronto. März 1840 bis 1842, 34 Monate zweistündliche

che Beobachtungen; aus *Observations made at the magn. and met. Observatory at Torento in Canada.*

Greenwich. November 1840 bis 1843, 3 Jahr 2 Monate zweistündliche Beobachtungen; aus *Magnetical and meteorological observat. made at the Roy. Obs. Greenwich.*

Brüssel. Juni 1841 bis 1844, 3½ Jahr zweistündlich; aus Quetelet *Annales de l'Observatoire de Bruxelles.*

Rom. October 1837 bis October 1839, obs. Schultz täglich 17 bis 18 Beobachtungen, und vom Beobachter zu stündlichen interpolirt im Monatsberichte der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, III, S. 28.

Prag. 1843, 1845, 2 Jahr stündlich; aus: Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag von Kreil, theils durch registrirende Quecksilberthermometer.

Petersburg. 1841, 1842, 2 Jahr stündlich; aus *Annuaire magnétique et météorologique du corps des ingenieurs des mines de Russie.*

Catherinenburg. März 1841, 1842; 1 Jahr 10 Monat; ib.

Barnaul. Juli 1841, 1842; 1½ Jahr; ib.

Nertschinsk. Juni 1841, 1842; 1 Jahr 7 Monat; ib.

Bezeichnet x den vom Mittag der Beobachtungsstation an gerechneten Stundenwinkel, so sind die Werthe der Constanten der Bessel'schen Formel:

$$t_x = u + u' \sin(x + U') + u'' \sin(2x + U'') + u''' \sin(3x + U''')$$

folgende, sämmtliche Coëfficienten in Réaumur'schen Graden:

Trevandrum.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	20,47	3,210	0,799	0,299	45° 15'	72° 38'	143° 48'
Februar	21,19	3,235	0,970	0,325	43 35	78 40	144 45
März	22,06	2,894	0,936	0,244	50 16	81 56	151 51
April	22,53	2,621	0,765	0,169	59 6	81 43	170 20
Mai	21,98	2,180	0,554	0,138	57 43	80 38	186 51
Juni	20,67	1,801	0,458	0,106	57 47	69 30	193 26
Juli	20,45	1,757	0,528	0,088	55 23	61 33	172 26
August	20,57	2,079	0,625	0,111	56 40	62 23	174 11
Septemb.	20,64	2,116	0,659	0,110	58 29	73 3	168 27
October	20,65	2,101	0,666	0,124	60 38	75 43	151 7
November	20,29	2,295	0,607	0,199	55 20	79 34	169 19
December	20,49	2,998	0,739	0,284	49 30	74 21	154 42

Bombay.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	19,68	1,511	0,504	0,124	31° 41'	46° 2'	112° 38'
Februar	20,47	1,439	0,438	0,129	34 14	42 52	158 22
März	21,18	1,162	0,369	0,171	40 1	54 57	191 0
April	23,20	1,032	0,251	0,162	46 34	59 20	225 58
Mai	23,93	0,968	0,178	0,094	52 41	76 17	242 36
Juni	23,71	0,899	0,225	0,063	45 44	40 1	243 50
Juli	22,24	0,525	0,226	0,068	65 15	58 39	20 38
August	21,82	0,681	0,199	0,035	47 32	34 47	326 11
Septemb.	21,85	0,783	0,291	0,070	52 39	44 31	206 37
October	22,46	1,228	0,333	0,083	45 21	63 8	192 35
November	21,73	1,496	0,436	0,095	46 16	44 47	131 13
December	20,42	1,677	0,611	0,096	33 5	38 25	131 45

Frankfort Arsenal.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	— 1,85	2,401	0,784	0,093	47° 55'	45° 11'	205° 16'
Februar	— 3,93	2,541	0,783	0,091	48 9	52 19	158 26
März	0,71	2,868	0,496	0,276	46 22	57 6	217 7
April	7,43	3,176	0,443	0,482	45 51	42 37	228 46
Mai	13,20	3,528	0,244	0,361	49 29	44 8	239 33
Juni	15,91	3,989	0,067	0,341	57 14	103 11	226 14
Juli	17,60	3,846	0,268	0,353	56 42	77 50	245 13
August	16,26	3,450	0,238	0,388	57 56	52 40	240 29
Septemb.	12,18	3,805	0,618	0,393	57 38	64 43	231 22
October	10,75	3,586	0,866	0,081	52 11	42 17	241 39
November	5,77	1,902	0,643	0,078	59 12	39 24	274 9
December	— 0,90	2,142	0,765	0,098	54 41	54 40	51 5

Toronto.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	— 2,34	1,421	0,451	0,211	34° 47'	55° 38'	61° 36'
Februar	— 2,39	1,440	0,630	0,100	25 55	45 23	85 59
März	0,24	2,232	0,523	0,121	47 7	53 2	198 5
April	4,44	2,734	0,145	0,302	45 58	29 44	216 51
Mai	8,78	3,442	0,191	0,500	50 45	336 51	227 38
Juni	12,90	3,398	0,117	0,493	52 13	330 1	221 32
Juli	14,93	3,697	0,074	0,544	52 10	37 33	220 3
August	14,70	3,381	0,319	0,510	54 9	52 19	214 24
Septemb.	11,18	2,930	0,574	0,286	52 20	61 21	224 33
October	5,34	2,582	0,657	0,088	54 40	60 8	28 52
November	1,23	1,361	0,525	0,061	59 14	61 58	55 4
December	— 2,32	0,985	0,398	0,090	42 5	45 2	123 4

Greenwich.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	1,53	0,870	0,368	0,159	40° 15′	58° 39′	327° 48′
Februar	2,37	1,205	0,508	0,126	52 23	44 19	341 38
März	5,61	2,158	0,756	0,079	51 18	51 4	81 20
April	6,41	2,886	0,480	0,160	56 12	60 5	160 57
Mai	9,80	3,183	0,313	0,189	60 12	90 9	162 24
Juni	11,79	3,632	0,235	0,309	56 33	115 30	172 21
Juli	12,29	3,012	0,270	0,247	57 3	97 30	145 7
August	13,62	3,376	0,541	0,189	57 49	58 37	153 18
Septemb.	11,56	2,681	0,698	0,106	55 52	62 39	105 12
October	6,85	1,848	0,586	0,132	55 32	58 21	122 54
November	4,85	1,092	0,504	0,137	55 4	51 27	343 34
December	3,71	0,739	0,389	0,155	51 19	49 26	359 48

Brüssel.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	0,608	0,819	0,315	0,123	54° 39′	51° 29′	49° 24′
Februar	1,904	1,121	0,472	0,115	48 44	42 44	35 32
März	4,536	1,912	0,487	0,042	44 3	46 32	108 26
April	7,632	3,292	0,442	0,317	48 59	66 56	202 15
Mai	10,192	3,335	0,167	0,331	51 28	46 6	220 6
Juni	12,384	3,208	0,093	0,229	52 27	291 47	234 28
Juli	12,872	2,787	0,027	0,277	53 8	210 3	215 13
August	14,712	3,505	0,396	0,296	49 44	52 16	215 50
Septemb.	12,048	2,678	0,589	0,161	51 23	56 46	221 38
October	7,384	1,476	0,554	0,040	53 52	60 0	90 0
November	4,120	0,883	0,419	0,107	54 10	52 41	90 0
December	3,560	0,716	0,323	0,053	50 38	38 13	90 0

Rom.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	6,20	1,819	0,927	0,171	48° 15′	45° 20′	54° 1′
Februar	6,70	2,402	1,030	0,099	44 4	45 32	125 9
März	8,07	2,583	0,897	0,261	48 20	60 27	181 8
April	9,47	2,912	0,860	0,317	50 49	62 38	186 47
Mai	13,69	3,232	0,678	0,509	52 19	56 34	192 46
Juni	17,74	3,843	0,552	0,676	50 51	30 43	195 58
Juli	19,32	3,871	0,725	0,729	49 17	51 49	190 0
August	18,20	3,739	0,804	0,498	50 50	57 16	190 3
Septemb.	16,16	3,173	1,039	0,268	49 31	54 35	183 31
October	12,49	3,029	1,183	0,134	44 34	48 37	111 59
November	8,77	2,350	0,963	0,157	41 53	43 40	93 8
December	6,60	1,874	0,839	0,136	43 46	42 3	71 49

Prag.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	— 0,514	0,643	0,179	0,097	39° 50′	29° 16′	9° 31′
Februar	— 2,449	1,283	0,411	0,096	39 12	36 15	25 5
März	— 0,269	1,629	0,423	0,058	31 42	36 56	50 23
April	7,496	2,948	0,507	0,210	38 21	51 14	173 24
Mai	10,172	2,266	0,225	0,177	39 32	66 17	197 9
Juni	14,687	3,056	0,328	0,360	38 48	63 15	177 55
Juli	14,716	2,360	0,223	0,158	47 26	48 45	336 11
August	13,490	2,218	0,380	0,068	46 35	49 57	322 28
Septemb.	11,452	2,238	0,613	0,149	43 32	42 37	17 42
October	8,076	1,563	0,515	0,173	47 5	34 30	12 23
November	4,757	1,055	0,397	0,171	47 47	88 10	25 14
December	— 0,419	0,795	0,353	0,195	31 31	33 4	26 15

Petersburg.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	— 8,19	0,423	0,227	0,159	19° 43′	29° 5′	32° 38′
Februar	— 5,07	0,648	0,294	0,062	50 23	36 30	67 44
März	— 2,70	1,633	0,403	0,021	38 30	40 33	191 17
April	1,53	2,277	0,290	0,231	46 12	28 0	223 6
Mai	8,86	3,182	0,164	0,330	49 30	312 26	219 2
Juni	12,51	2,922	0,147	0,339	49 33	286 37	229 26
Juli	13,35	2,549	0,051	0,297	48 20	329 22	223 28
August	13,54	3,044	0,296	0,350	45 35	19 49	228 58
Septemb.	7,78	2,344	0,503	0,167	43 46	33 33	240 0
October	3,45	1,102	0,299	0,079	41 59	37 2	76 24
November	— 1,12	0,290	0,198	0,053	71 30	57 4	60 27
December	— 1,11	0,382	0,086	0,065	19 27	27 19	340 43

Catherinenburg.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	—11,89	0,825	0,394	0,177	54° 31′	32° 51′	31° 2′
Februar	— 9,03	1,286	0,448	0,143	54 6	40 32	71 23
März	— 6,76	3,141	0,846	0,234	42 32	54 51	127 26
April	0,28	3,015	0,612	0,243	48 56	89 31	192 11
Mai	6,46	3,705	0,259	0,249	52 7	132 2	214 37
Juni	11,82	4,007	0,395	0,250	55 7	175 31	227 55
Juli	15,27	4,516	0,512	0,247	52 12	23 6	212 56
August	11,58	3,611	0,454	0,392	47 6	93 39	190 31
Septemb.	5,34	3,015	0,494	0,233	46 12	54 35	184 30
October	1,40	1,332	0,473	0,025	44 38	55 17	141 39
November	— 5,56	0,695	0,359	0,164	51 49	34 57	58 44
December	—11,23	0,965	0,416	0,186	41 59	23 25	28 19

Barnaul.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	—13,26	1,472	0,547	0,350	48° 18′	25° 30′	5° 13′
Februar	—10,51	1,569	0,751	0,165	47 11	47 13	31 4
März	— 5,34	3,303	0,728	0,185	43 56	63 8	138 51
April	3,94	3,462	0,634	0,206	55 58	62 14	236 7
Mai	7,90	4,505	0,347	0,417	52 22	185 29	233 10
Juni	12,61	3,948	0,279	0,287	56 47	123 40	265 7
Juli	14,49	4,467	0,288	0,344	50 46	147 44	232 46
August	12,06	4,388	0,438	0,393	49 22	79 28	214 46
Septemb.	7,58	3,763	0,798	0,224	49 43	70 51	200 39
October	1,55	2,392	0,661	0,041	42 39	58 43	130 24
November	— 8,63	1,880	0,689	0,231	40 52	57 46	48 46
December	—13,57	1,320	0,582	0,288	40 57	48 46	48 22

Nertchinsk.

	u	u'	u''	u'''	U'	U''	U'''
Januar	—24,18	1,765	0,989	0,416	46° 46′	67° 59′	81° 40′
Februar	—18,20	2,680	1,055	0,239	52 52	71 6	141 15
März	— 9,64	3,499	0,785	0,346	50 15	71 55	212 6
April	0,83	3,643	0,778	0,476	57 32	106 39	225 17
Mai	6,12	4,701	0,651	0,439	62 1	143 26	233 2
Juni	12,61	4,651	0,593	0,386	62 30	161 42	209 49
Juli	14,00	3,779	0,369	0,267	58 9	99 38	226 13
August	12,15	3,934	0.522	0,336	57 23	97 47	221 45
Septemb.	6,86	3,624	0,816	0,196	51 49	80 33	213 2
October	— 2,14	3,006	1,003	0,095	50 38	75 15	167 38
November	—14,91	1,799	1,057	0,332	44 26	73 24	90 5
December	—21,29	1,405	0,824	0,409	38 8	65 7	75 9

Die geringere Gröfse des Coëfficienten u' in den Sommermonaten der amerikanischen Stationen, verglichen mit dem Maximumwerth derselben in den nordasiatischen, zeigt, dafs auch in diesen Verhältnissen sich der continentale Charakter Asiens entschieden ausspricht, und dafs Amerika im Sommer mehr den Verhältnissen des Seeklimas sich anschliefst. Die Abnahme des Coëfficienten u' vom Winter zum Sommer hin in Trevandrum und Bombay beweist deutlich den abstumpfenden Einflufs zunehmender Feuchtigkeit an demselben Orte, wie die vorige Vergleichung ihn zeigt, wenn man vom Meere aus in das Innere der Continente eindringt.

Die nach den vorliegenden Formeln berechneten Tafeln bilden mit den früher erwähnten nun ein ziemlich vollstän-

diges Material, Monatsmittel, wie sie aus den Beobachtungen bestimmter Stunden erhalten wurden, auf wahre Mittel zurückzuführen.

Darauf legte Hr. Dove eine 800 Stationen umfassende Temperaturtafel vor, welche die Monatsmittel, die Mittel der Jahreszeiten und des Jahres auf eine gemeinschaftliche Thermometerskale reducirt enthält, und der Zeichnung der Monatsisothermen zum Grunde liegt.

V. *Schwefel auf vom Blitz getroffenen metallischen Körpern.*

Am 14. Juni d. J. schlug der Blitz in die Parochialkirche von Saint-Thibaud-de-Couz, drei Lieues von Chambéry. Ein dicker Rauch erfüllte die Kirche, begleitet von einem starken Geruch, den der Kirchendiener mit dem von Pulver verglich. Vergoldete Gegenstände, wie der Rahmen eines grofsen Gemäldes im Hintergrunde der Kapelle, sechs Leuchter von 1 Meter Höhe, die diese Kapelle zierten, waren schwarz angelaufen. Von diesen Leuchtern schabte Hr. Bonjean das schwarze Pulver auf der Oberfläche ab und löste es in siedendem Königswasser. Die Lösung war gelb gefärbt. Auf Zusatz von salpetersaurem Baryt entstand eine weifsliche Trübung, die zwar anfangs schwach war, mit der Zeit aber zunahm, und durch einen grofsen Ueberschufs von reiner concentrirter Salpetersäure nicht verschwand. Einige Stunden hernach hatte sich auf dem Boden des Glases ein leichter weifser Niederschlag abgesetzt, und am andern Morgen waren auch die Wände des Gefäfses mit einem weifsen Pulver bekleidet. Das angewandte Königswasser war chemisch rein, die Filter waren mit reiner verdünnter Salzsäure gewaschen; der Niederschlag konnte also nichts anderes als schwefelsaurer Baryt seyn, und folglich mufste der schwarze Beschlag Schwefel enthalten haben. Man könnte, meint Hr. B. einwerfen, das Gold werde nicht durch schweflige Dämpfe angegriffen, allein, setzt er hinzu, er habe schon i. J. 1838 bewiesen, dafs diefs Metall durch die Dämpfe von schwefelwasserstoffhaltigen Wässern mit der Zeit in Sulfur verwandelt werde. (*Compt. rend. T. XXIII, p.* 153.)

VI. *Ueber das Atomgewicht der Talkerde, nebst nachträglichen Bemerkungen über die polymer-isomorphe Erstattung derselben durch basisches Wasser; von Th. Scheerer in Christiania.*

Bei der chemischen Zerlegung einiger gewässerter Magnesiasulfate fiel es mir auf, dafs ich, im Vergleich zu den Quantitäten der Schwefelsäure und des Wassers, durchgehends eine etwas zu geringe Menge Talkerde erhielt, sobald bei der Berechnung der stöchiometrischen Verhältnisse das von Berzelius bestimmte Atomgewicht der Talkerde, =258,14, zu Grunde gelegt wurde. Daraus schien also hervorzugehen, dafs diese (nur durch einen einzigen Versuch ermittelte) Zahl möglicherweise etwas zu grofs seyn könne. Um mir den gewünschten Aufschlufs in diesem zweifelhaften Punkte zu verschaffen, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Resultate ich hier mittheilen will.

Ich bediente mich folgender Methode zur Bestimmung des Atomgewichtes der Talkerde: Eine gröfsere Partie der 7fach gewässerten schwefelsauren Magnesia, welche ich als *Magnesia sulphurica pura* aus der Schönebecker Fabrik bezogen hatte, wurde einer zweimaligen Umkrystallisirung unterworfen, wodurch ich ein Salz erhielt, in welchem keine Spuren irgend eines fremden Bestandtheiles zu entdecken waren. Von den Krystallen dieses Salzes wurden die kleineren, vollkommen wasserklaren, ausgesucht und für die einzelnen, mit Quantitäten von 2,037 bis 5,384 Grm. angestellten Versuche aufbewahrt. Zuerst erhitzte ich eine abgewogene Menge des Salzes, bei allmälig steigender Temperatur, in einem bedeckten Platintiegel, bis scheinbar alles Wasser weggegangen war, worauf ich das Rückständige während einiger Minuten in Rothglühhitze versetzte. Hierbei entweicht kein wägbarer Theil der Schwefelsäure. Uebergiefst man die geglühte schwefelsaure Talkerde mit Wasser,

so löst sie sich vollkommen klar auf, und die Lösung giebt sich als eine völlig neutrale zu erkennen. Der neutrale Zustand des geglühten, noch nicht mit Wasser übergossenen Salzes erweist sich zugleich auch daraus, dafs, wenn dasselbe mit etwas Schwefelsäure befeuchtet und abermals geglüht wird, keine Gewichtszunahme stattfindet, vorausgesetzt, dafs das Glühen den erforderlichen Grad erreichte und lange genug unterhalten wurde. War diefs dagegen nicht ganz der Fall, so zeigt sich allerdings eine kleine Vergröfserung des Gewichtes, die dann aber von der nicht vollständig ausgetriebenen, überschüssig zugesetzten Schwefelsäure herrührt, wie man sich leicht durch die saure Reaction des in Wasser gelösten Salzes überzeugen kann. So erhielt ich z. B. bei einem Versuche, durch abermaliges Glühen von etwa 2 Grm. wasserfreiem Salz, das zuvor mit einigen Tropfen Schwefelsäure befeuchtet worden war, eine Gewichtszunahme von 0,002 Grm.; aber als ein Theil dieses Salzes aufgelöst wurde, zeigte er eine deutlich saure Reaction, welche sich bei dem anderen Theile des Salzes nicht erkennen liefs, als dieser, durch stärkeres Glühen, seine Gewichtszunahme eingebüfst hatte. — Die wasserfreie schwefelsaure Talkerde wurde unmittelbar nach dem Erkalten gewogen, in einer kleinen Menge kalten Wassers gelöst, die Auflösung mit einer gröfseren Quantität kochenden Wassers verdünnt und darauf mit schwefelsäurefreier Salzsäure sauer gemacht. Die so zubereitete heifse Solution wurde nun mit einer Auflösung von salzsaurem Baryt im Ueberschufs versetzt, und alsdann, während einer Zeit von 24 bis 48 Stunden, in Ruhe gelassen, 12 Stunden auf dem erhitzten Sandbade und die übrige Zeit bei gewöhnlicher Temperatur. Das Auswaschen des abfiltrirten schwefelsauren Baryts geschah mit kochend heifsem Wasser; dasselbe mufs aber sehr lange, Wochen lang, fortgesetzt werden, wenn keine Spuren von Chlorbarium unausgewaschen bleiben sollen. Diefs hat seinen Grund darin, dafs das schwere und dabei höchst fein zertheilte Pulver des Niederschlags sich auf dem Filtrum zu einer zähen Masse zu-

sammensetzt, welche das Wasser nur äufserst schwierig zu durchdringen vermag. Am besten ist es daher, den Niederschlag, ehe man die gröfste Menge desselben auf's Filtrum bringt, so viel als möglich durch Umrühren und Decantiren im Glase auszuwaschen. Nie darf es aber versäumt werden, den anscheinend ausgesüfsten schwefelsauren Baryt nach dem Glühen und Wägen mit schwach durch Salzsäure angesäuertem Wasser zu behandeln. Hierdurch habe ich stets noch eine kleine, wenn auch zuweilen nur sehr geringe Quantität salzsauren Baryt extrahirt, welche, durch Schwefelsäure gefällt, als unausgewaschenes wasserfreies Chlorbarium in Rechnung gebracht wurde.

Die Resultate von vier auf die beschriebene Art vorgenommenen Versuchen, bei deren Berechnung das Atomgewicht der Schwefelsäure =500,75 und das der Baryterde =955,29 angenommen worden ist, waren folgende.

Die wasserfreie, neutrale schwefelsaure Talkerde enthielt:

			Daraus folgend. Atomgewicht d. $\dot{Mg}$
beim 1. Vers.	66,573 Proc. $\dddot{S}$,	u. folglich 33,427 Proc. $\dot{Mg}$	251,43
- 2. -	66,608 -	- - 33,392 - -	251,04
- 3. -	66,639 -	- - 33,361 - -	250,69
- 4. -	66,592 -	- - 33,408 - -	251,22.

Im Mittel aus diesen vier Versuchen besteht daher die wasserfreie, neutrale schwefelsaure Magnesia aus 66,603 Proc. Schwefelsäure und 33,397 Proc. Magnesia, aus welchem Verhältnisse sich das Atomgewicht der Talkerde zu 251,09 ergiebt. Um dieses Resultat noch anderweitig auf seine Richtigkeit zu prüfen, wurde folgender Weg eingeschlagen. Zu einer Auflösung von 2,324 Grm. wasserfreier schwefelsaurer Magnesia wurde eine Auflösung von 4,010 Grm. chemisch reinem, wasserfreiem Chlorbarium gesetzt. In der vom entstandenen Niederschlage getrennten Flüssigkeit bewirkten einige Tropfen Chlorbarium-Solution nur eine geringe Trübung, welche, als sie sich vollkommen abgesetzt

hatte, auf einem Filtrum gesammelt und bestimmt wurde. Das Gewicht dieses schwefelsauren Baryts betrug 0,006 Grm. Auf gleiche Weise wurden 2,622 Grm. wasserfreier schwefelsaurer Talkerde durch 4,485 Grm. wasserfreies Chlorbarium gefällt, wobei aus der abfiltrirten Flüssigkeit noch 0,032 Grm. schwefelsaure Baryterde präcipitirt wurden. Aus den Daten des ersten Versuchs ergiebt sich das Atomgewicht der Talkerde zu 250,82, und aus denen des zweiten zu 250,64. Nimmt man das Mittel aus sämmtlichen sechs Versuchen, so erhält man:

250,97

als Durchschnittszahl für das Atomgewicht der Talkerde. — Mögliche Fehlerquellen, welche bei diesem Resultate von Einfluſs gewesen seyn könnten, sind hauptsächlich folgende:

1) Könnte die zu diesen Versuchen verwendete schwefelsaure Talkerde, trotz aller angewendeten Vorsicht, vielleicht doch nicht ganz frei von fremden Basen gewesen seyn.

2) Könnte die wasserfreie schwefelsaure Talkerde während des Wägens, obgleich dieſs stets mehrere Male wiederholt wrrde, etwas Wasser angezogen und dadurch ihr Gewicht vermehrt haben.

Was die erste dieser Fehlerquellen betrifft, so ist hierbei zu berücksichtigen, daſs sämmtliche unorganische Basen, mit Ausnahme des Lithion, ein *höheres*, ja meist bedeutend höheres Atomgewicht als die Talkerde besitzen. Wäre also die Berzelius'sche Zahl (258,14) genau die richtige, so hätte ich, im Fall das von mir angewendete Salz nicht frei von fremden Basen gewesen wäre, ein *noch gröſseres Atomgewicht* als 258,14 erhalten müssen, *nicht aber ein kleineres;* denn von Lithion war keine Spur in demselben aufzufinden. Daſs die zweite Fehlerquelle einen ganz gleichen Einfluſs gehabt haben müſste, ist leicht einzusehen. Wenn also die von mir gefundene Zahl noch mit einem erheblichen Fehler behaftet seyn sollte, so kann sie wohl nur etwas *zu groſs*, aber schwerlich *zu niedrig* seyn.

Die gedachte Veränderung des Atomgewichts der Talk-

erde ist in ihren Folgen nicht unwichtig in Bezug auf die polymere Isomorphie. Bei Verbindungen, welche nur geringe Mengen Magnesia, etwa 10 Proc. und darunter, enthalten, ist die durch jenes niederigere Atomgewicht in den Sauerstoff-Proportionen hervorgebrachte Differenz eine so unbedeutende, dafs sie gänzlich aufser Betracht gesetzt werden kann; bei Verbindungen dagegen, welche viel reicher an Talkerde sind, ergeben sich keineswegs unerhebliche Abweichungen. In dem Folgenden habe ich beispielsweise einige der wichtigsten derselben zusammengestellt.

Zuerst will ich die Veränderungen anführen, welche sich bei den Serpentinen, die einen so festen Stützpunkt für die polymere Isomorphie ausmachen, ergeben, sobald man, bei der Berechnung ihrer Sauerstoffverhältnisse, das neue Atomgewicht der Talkerde in Anwendung bringt. In meiner früheren Abhandlung [1]) hatte ich die Sauerstoffverhältnisse angeführt, welche aus dreizehn verschiedenen Serpentin-Analysen folgen; diese Verhältnisse verändern sich nun folgendermafsen:

	$\dddot{Si}$		$(\dot{R})$	$(\dot{R})$
			$\dot{Mg}=258,14$	$\dot{Mg}=250,97$
1)	21,91	:	20,27	20,75
2)	21,90	:	20,46	20,95
3)	21,99	:	20,87	21,29
4)	20,03	:	20,34	20,82
5)	21,30	:	21,09	21,56
6)	20,93	:	20,95	21,43
7)	21,65	:	20,39	20,86
8)	21,07	:	20,95	21,43
9)	21,64	:	20,12	20,65
10)	21,61	:	19,96	20,40
11)	20,82	:	21,28	21,76
12)	22,18	:	20,52	20,98
13)	21,04	:	20,93	21,37.

1) Diese Annalen, Bd. 68, S. 319.

Während das aus diesen dreizehn Analysen entlehnte ältere durchschnittliche Sauerstoffverhältnifs

21,39 : 20,62

oder 100 : 96,4

betrug, verändert sich diefs Verhältnifs jetzt zu:

21,39 : 21,09

oder 100 : 98,6.

Die zwischen dem Sauerstoffgehalte der Kieselerde und dem der Basen (inclusive des basischen Wassers) *früher stattfindende Differenz von 3,6 Proc. ist also, durch Einführung des corrigirten Atomgewichts der Talkerde, bis auf* 1,4 *Proc. vermindert worden.*

Ferner mögen hier noch folgende, unter Anwendung jenes neuen Atomgewichts, berechnete Sauerstoff-Proportionen talkerdereicher Mineralien einen Platz finden. Unter der Mehrzahl derselben findet man das der Formel genau entsprechende Verhältnifs angegeben.

	$\dddot{Si}$	$(\dot{R})$	Formel.
Chrysotil (Delesse)	21,90	21,08	$(\dot{R})^3\dddot{Si}$
Dermatin (Ficinus)	19,74	19,04	$(\dot{R})^3\dddot{Si}$
Gymnit (Thomson)	20,86	20,97	$(\dot{R})^3\dddot{Si}$
Pikrophyll (Svanberg)	25,87	16,70	$(\dot{R})^2\dddot{Si}$
	25,50	17,00	
Aphrodit (Berlin)	26,79	17,50	$(\dot{R})^2\dddot{Si}$
	26,75	17,84	
Monradit (A. Erdmann)	29,09	15,75	$(\dot{R})^3\dddot{Si}^2$
	30,00	15,00	
Talk v. kl. Bernh. (Berthier)	30,24	14,87	$(\dot{R})^3\dddot{Si}^2$
	30,00	15,00	
Talk v. St. Foix (Berthier)	28,88	13,82	$(\dot{R})^3\dddot{Si}^2$
	28,00	14.00	
Serpentinart. Min. (Schweizer)	22,77	20,51	$2(\dot{R})^3\dddot{Si}+(\dot{R})^2\dddot{Si}$
	22,77	20,24	$\dddot{R}$

	$\dddot{Si}$	$(\dot{R})$		Formel.
Chlorit	16,30 :	18,10 :	7,85	$2(\dot{R})^3\dddot{Si}+(\dot{R})\dddot{Al}$
(v. Kobell, Varrentrapp u. v. Brüel	16,00 :	18,75 :	8,00	
Chloritschiefer	16,39 :	19,32 :	5,66	$3(\dot{R})^3\dddot{Si}+(\dot{R})\dddot{Al}$
(Varrentrapp)	16,98 :	18,87 :	5,66	
Ripidolith	13,67 :	16,47 :	8,99	$3(\dot{R})^3\dddot{Si}+2(\dot{R})\dddot{Al}$
(v. Kobell u. Varrentrapp)	13,50 :	16,50 :	9,00	

In meiner gedachten Abhandlung habe ich mich, bei der Berechnung der Sauerstoff-Proportionen, des älteren Atomgewichts des Eisens, =339,213, bedient. Wird dagegen das neuere von Svanberg bestimmte, =350,527, in Anwendung gebracht, so treten, bei sehr eisenreichen Mineralien, auch hierdurch nicht ganz unerhebliche Modificationen ein, wie aus folgenden zwei Beispielen ersichtlich ist.

	$\dddot{Si}$	$(\dot{R})$ $\dot{Fe}$=439,213	$(\dot{R})$ $\dot{Fe}$=450,527.	
Chlorophäit	17,07 :	17,24	17,12	$(\dot{R})^3\dddot{Si}$
	17,07 :	17,07		
Krokydolith	26,61 :	11,99	11,79	$3(\dot{R})\dddot{Si}+2(\dot{R})^3\dddot{Si}^2$
	26,61 :	11,40		

Der Chlorophäit enthält, nach Forchhammer, 21,56 Proc. Eisenoxydul, und der Krokydolith, nach Stromeyer, im Mittel von zwei Analysen, 34,38 Proc. Eisenoxydul. Bei beiden Mineralien sind also die Sauerstoff-Proportionen demjenigen Verhältnisse, welches die polymer-isomorphe Erstattung des Eisenoxyduls durch basisches Wasser erfordert, noch näher gerückt.

Schliefslich möge es mir gestattet seyn, darauf aufmerksam zu machen, dafs ich eine Beschreibung der kürzlich von mir besuchten Fundstätten des Aspasiolith und Cordierit an Hrn. Geheimerath v. Leonhard, zur gütigen Aufnahme in sein Jahrbuch, gesendet habe. Da sich aus dieser Beschreibung wichtige Momente in Betreff der *Zeit* er-

geben, zu welcher das basische Wasser von den betreffenden Mineralien als Bestandtheil aufgenommen wurde, so erlaube ich mir in dieser Beziehung auf jenen Aufsatz zu verweisen. Nur so viel will ich bereits hier bemerken, dafs alle Umstände beim Vorkommen des Aspasiolith, gleichwie bei dem des Serpentin u. s. w., *auf das Bestimmteste* darauf hindeuten, dafs diese Mineralien ihren Gehalt an basischem Wasser *in statu nascente, nicht aber nach ihrer Bildung* (Erhärtung) in sich aufgenommen haben. Hierbei setze ich natürlich voraus, man sträube sich gegen die Vorstellung: dafs Talkerde, Eisenoxydul, Wasser u. s. w. mitten durch eine feste Gesteinsmasse, wie z. B. Quarz, eine Wanderung vornehmen könnten.

VII. *Nachtrag zur Notiz über die Natur der Hefe.*

(S. 157 dieses Bandes.)

Für eine *rein* mechanische Wirkung der Hefekügelchen scheint noch mehr der Umstand zu sprechen, dafs eine Hefe, welche durch Auswaschen von allen auflöslichen Theilen befreit ist, eben so wenig Gährung einleiten kann, als diese auflöslichen Theile für sich. Letztere würden das aber gewifs im Stande seyn, wenn sie dafür mit einem andern porösen Körper, z. B. Kohlenpulver zusammengebracht würden, in sofern sich wenigstens Rousseaus Angabe bestätigt (Vergl. dessen Brief an Dumas in den *Compt. rend. T.* 16, 1843, *p.* 942), wonach ein Ferment nur dann die Gährung einleitet, wenn es sauer reagirt, und zwar durch eine organische Säure, welche durch Zersetzung Kohlensäure bildet. Es scheint demnach eine freie Pflanzensäure dasselbe zu leisten, wie die von Brendecke angewendeten pflanzensauren Ammoniaksalze.

Würzburg, 12. Juli 1846. Dr. Schubert.

VIII. *Beitrag zur Charakteristik des Dioptas;* *von M. Websky,*

Bergwerksbeflissenem.

Die gewöhnlichen Krystalle, in denen der Dioptas vorkommt, sind eine Combination eines Rhomboëders mit der zweiten rhomboëdrischen Säule. Der blättrige Bruch, welcher sich stets durch den Reflex des Lichts bemerkbar macht, entspricht einem doppelt stumpferen Rhomboëder. Betrachtet man dieses als die Grundform des Minerals mit der Bezeichnung:

$$R = (a : a : \infty a : c),$$

so ergiebt sich für die gewöhnlich ausgebildete Form der Ausdruck:

$$g\ ,\ 2r' = (a' : \tfrac{1}{2}a' : a' : \infty c),\ (\tfrac{1}{2}a' : \tfrac{1}{2}a : \infty a : c).$$

Dieses letztere Rhomboëder giebt Phillips mit einem Endkantenwinkel von 95° 48′, wonach die Theilungsebenen des Bruches sich unter den Winkeln 126° 17′ und 53° 43′ durchsetzen.

Später untersuchte Breithaupt (Schweigger-Seidel's Journal etc., 1831, Heft 6, S. 221) einige Krystalle dieses Minerals, und gründete seine Angaben auf die Messung einer künstlichen Kerngestalt des ersten Rhomboëders; er fand dafür die Winkel:

125° 55′ und 54° 5′.

Hieraus folgt denn für $2r'$ ein Endkantenwinkel von:

95° 26′.

Ich lege diese Bestimmung den folgenden Angaben zu Grunde, weil sie theils mit den directen Messungen von $2r'$ näher als jene ältere übereinkommt, theils bei der Berechnung der abgeleiteten Formen weit geringere Differenzen von den muthmafslichen Werthen giebt.

Nächstdem beschreibt Breithaupt daselbst und in seinem Handbuch der Mineralogie, 1846, Th. 1, S. 331, §. 261, noch zwei Flächen aus der Endkantenzone des Rhomboë-

ders $2r'$ unter dem Namen Rhomboëder der Zwischenrichtung, o und u, welche Buchstaben ich beibehalten werde; und zwar hat die Fläche o eine stumpfere Neigung als $2r'$ gegen die Verticalebene der Zone, und u eine schärfere. Mithin liegt die Fläche o zwischen R und $2r'$, und u zwischen $2r'$ und g.

In dem Handbuche der Mineralogie giebt er die Winkel zwischen $2r'$ und o mit:

$$177^\circ\ 8',$$

zwischen $2r'$ und u mit:

$$176^\circ\ 35'$$

an; es folgen daraus bis auf $\frac{1}{100}$ genau für die mittlere, rechtwinklig auf der Verticalebene der Zone stehenden Queraxe — die Queraxe c von R gleich 1 gesetzt — die Coëfficienten für o und u:

$$\tfrac{5}{9} \text{ und } \tfrac{4}{9},$$

woraus die Formeln sich ergeben:

$$o = (10\,a : \tfrac{10}{18}a' : \tfrac{10}{19}a' : c)$$
$$u = (\ 8\,a' : \tfrac{8}{18}a' : \tfrac{8}{17}a' : c).$$

Berechnet man hieraus die Winkel o zu $2r'$ und u zu $2r'$, so findet man:

$$o : 2r' = 177^\circ\ 2'$$
$$u : 2r' = 176^\circ\ 31',$$

welche Werthe auch wirklich den Mitteln der Messungen, wie sie in Schweigger's Journal angeführt, beinah ganz entsprechen. Uebrigens passen die Angaben des Professors Breithaupt genau auf das Rhomboëder $2r'$ mit einem Endkantenwinkel von $95^\circ\ 42'$.

Ich besitze keinen Krystall, an dem man die Flächen o und u mit einiger Schärfe bestimmen könnte, dagegen habe ich Gelegenheit gehabt, an einem sehr glänzenden Krystalle noch zwei andere Flächen dieser Zone zu bestimmen, x und z, welche beide zwischen u und g gelegen sind. Ich fand die Winkel:

$$z : 2r' = 171^\circ\ 48'$$
$$x : 2r' = 161^\circ\ 6',$$

woraus die Formeln sich ergeben:

$$z = (3a' : \tfrac{8}{5}a' : \tfrac{8}{7}a' : c)$$
$$x = (\ a' : \tfrac{1}{4}a' : \tfrac{1}{3}a' : c).$$

Diese Flächen gehören ihrem entsprechenden Rhomboëder gemäfs sämmtlich der Kantenzone von $2r'$ an; sie erscheinen zuweilen glänzend und einigermafsen ausgedehnt; gewöhnlich kann man aber ihre Stellung nur an der ihrer Lage entsprechenden Streifung und Biegung erkennen. Hiernach habe ich bei der Beobachtung von mehr denn hundert Krystallen gefunden, dafs dieselben durchaus hemiëdrisch vorkommen, und zwar so, dafs dieselben entweder an der rechten oder linken Combinationskante des Rhomboëders $2r'$ mit g erscheinen — mit Ausnahme von o aus obigen Gründen — wie es auch Breithaupt in jener Schrift anführt. In Betreff der Stellung dieser Flächen zu einander in der Richtung der Axe c ergiebt die Beobachtung, dafs die Rhomboëderflächen des einen Endes dieselben auf der rechten, des andern auf der linken Seite haben.

Weit weniger deutlich und häufig erscheint eine ähnliche Fläche v aus der Endkantenzone des Rhomboëder $4r$ von 73° 14′ Endkantenwinkel — und ihrer scheint Hausmann in seinem noch unvollendeten Handbuch der Mineralogie in einer beiläufigen Bemerkung, S. 746, zu erwähnen —; das Mittel mehrfacher Messungen mit dem Anlege-Goniometer gab zwischen v und $2r$ einen Winkel von 138° ½. Einem Winkel

$$v : 2r' = 138^{\circ}\ 7$$

entspricht aber eine Formel:

$$v = (\tfrac{3}{5}a : \tfrac{3}{10}a : \tfrac{3}{2}a : c),$$

und ich stehe nicht an, diesen Werth als den wirklichen anzunehmen. Dieselbe bildet eine schiefe Abstumpfung der Combinationsecke von zwei Flächen von $2r'$ und zwei Flächen von g, und liegt, in Bezug auf das Rhomboëder $4r$, analog der Fläche o, zwischen diesem und dem nächsten stumpferen.

Hieran würde sich noch eine Eigenthümlichkeit der Oberfläche von g reihen. An der Seite nämlich, wo die Fläche g mit x und v in Combination tritt, erscheint eine

zweifache Streifung, einerseits der Kantenzone von $2r'$, anderseits der Verticalzone parallel; die Gränze ist oft scharf gezogen, und hat ungefähr einen Ebenwinkel von 35° gegen die Kantenzone von $2r$.

Sie bildet nach beiden Richtungen flache Wölbungen, während das andere Ende im Sinne der Zone von $4r$ abfällt. Man unterscheidet übrigens in dem Reflexe der Wölbung, nach der Kante von $2r'$, zuweilen einige Bilder, welche nach einem Versuche folgende Neigungen zu $2r'$ haben:

134° 10'
132 15
131 18
129 24.

Man erkennt in dem zweiten Winkel die Fläche g, der erste weist auf einen Coëfficienten von $\frac{1}{22}$; die anderen muſs ich auf eine garbenartige Zersplitterung, welche in dem unteren Theile des Krystalls vorherrscht, schieben, welche letztere in den Flächen g fast charakteristisch ist, und sie zu Bestimmungen untauglich macht.

Die Streifung in der Verticalzone muſs einen ähnlichen Grund haben; ich habe sie an einem Krystalle sehr deutlich beobachtet, ohne jedoch im geringsten einen Schluſs ziehen zu können.

Die holoëdrischen Gestalten jener Flächen o, w, x, z, v sind Didodekaëder. Der rhomboëdrische Charakter des Minerals bedingt zuerst eine Hemiëdrie in diesem Sinne zu Scalenoëdern; diese erleiden aber abermals eine hemiëdrische Verminderung der Flächenzahl, und zwar in dem Sinne, wie beim Apatit die Flächen der Didodekaëder als gewendete Dihexaëder vorkommen; und die entstehenden Viertelflächner bilden daher, für sich ausgebildet, eine dem Rhomboëder ganz ähnliche Form, ihre Stellung gegen die Axen ist so, daſs alle drei derselben von jeder Fläche geschnitten werden, und man könnte sie wohl gedrehte oder gewendete Rhomboëder nennen.

Des besseren Verständnisses wegen füge ich noch die

Zeichnung der beiden Krystalle hinzu, an welchen ich meine Beobachtungen gemacht:

Fig. 1, Taf. V. Combination von $2r'$, x, z und g. Er zeigt besonders die Streifung und Wölbung der Fläche g.

Fig. 2. Combination $2r'$, x, u, v und g.

Fig. 3 stellt die horizontale Projection der Flächen x, y, v und $2r$ vor, in starken Linien in der Lage, wie sie die unteren Enden der gezeichneten Krystalle, in punktirten, wie sie die oberen zeigen. Die feinen Linien sind einerseits die Axen a, a, a, dann die Fläche g, und die Verlängerungen der starken Linien bis zu ihrem Schneidepunkte mit den Axen; die Projectionen von o und u sind weggelassen, weil sie zu nahe an die von $2r'$ fallen, und die Figur unklar machen würden. Stellen wir alle Flächen der Kantenzone von $2r'$ zusammen, so erhalten wir folgende Reihe:

$$
\begin{array}{rl}
[\ R & =(a : a : \infty a : c)] \\
o & =(10a : \frac{10}{13}a' : \frac{10}{19}a' : c) \\
2r' & =(\infty a' : \frac{1}{2}a' : \frac{1}{2}a' : c) \\
u & =(8a' : \frac{8}{18}a' : \frac{8}{17}a' : c) \\
z & =(3a' : \frac{3}{8}a' : \frac{3}{7}a' : c) \\
x & =(a' : \frac{1}{4}a' : \frac{1}{3}a' : c) \\
g & =(a' : \frac{1}{2}a' : a' : \infty c).
\end{array}
$$

Die Coëfficienten der mittleren Queraxen, welche rechtwinklich auf die Verticalebene der Zone stehen, sind in dieser Reihenfolge folgende:

$$[1],\ \tfrac{5}{9},\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{4}{9},\ \tfrac{3}{8},\ \tfrac{1}{4},\ \frac{1}{2.\infty}.$$

Sie zerfallen in zwei Reihen:

Hauptreihe: $1,\ \frac{1}{2},\ \frac{3}{8},\ \frac{1}{4},\ \ldots\ \frac{1}{2.\infty}$.

Nebenreihe: $\frac{5}{9},\ \frac{4}{9}$.

Die Rhomboëder, in deren Kantenzonen noch aufser $2r'$ fallen, sind folgende:

$$
\begin{array}{lll}
[\ R & \text{in} & \frac{1}{2}r'] \\
o & - & \frac{37}{10}r \\
2r' & - & 4r
\end{array}
$$

$$\begin{array}{lll} u & \text{in} & \frac{35}{8}r \\ z & - & 5r \\ x & - & 7r \\ g & - & \infty r. \end{array}$$

Die Kantenzone von $4r$ enthält folgende Flächen:

$$\begin{aligned} 2r' &= (\tfrac{1}{2}a' : \infty a' : \tfrac{1}{2}a' : c) \\ b &= (\tfrac{3}{2}a : \tfrac{3}{8}a : \tfrac{3}{10}a : c) \\ [4r &= (\infty a : \tfrac{1}{4}a : \tfrac{1}{4}a : c)] \\ d &= (a : a : \tfrac{1}{2}a : \infty c). \end{aligned}$$

Die Coëfficienten der mittleren Queraxe sind folgende:

$$\infty \ldots, \tfrac{3}{8}, [\tfrac{1}{4}], \ldots \frac{1}{\infty}.$$

Sie gehören sämmtlich der Hauptreihe an, und liegen in den Kantenzonen der Rhomboëder:

$$\begin{array}{lll} 2r' & \text{in} & R \\ v & - & 6r' \\ [4r & - & 8r'] \\ g & - & 2\infty r'. \end{array}$$

Schliefslich noch die Bemerkung, dafs die Flächen $2r'$ und g beiden Zonen angehören, und die Kantenpunkte derselben abgeben. Bei beiden ist in geometrischer Hinsicht keine Hemiëdrie möglich, aber in physikalischer Beziehung treten sie durch die die Flächenbildung einleitende Rundung in Rapport mit den beiden sich in ihnen kreuzenden Zonenentwicklungen; diefs und das Nichterscheinen des ersten Rhomboëders und der ersten rhomboëdrischen Säule zeigen, dafs der Dioptas um und um von hemiëdrischen, und den hemiëdrischen Charakter tragenden Flächen gebildet ist, und beweisen, wie consequent die Natur diesen Charakter an diesem Minerale durchgeführt.

IX. *Ueber das Verhalten der optischen Medien des Auges gegen die Sonnenstrahlen;* *von* ***Ernst Brücke.***

(Vorgetragen in der Gesellschaft der naturforschenden Freunde am 21. Juli 1846.)

In einer Abhandlung über das Verhalten der optischen Medien des Auges gegen Licht- und Wärmestrahlen [1]) suchte ich wahrscheinlich zu machen: dafs diejenigen Strahlen, welche eine gröfsere Wellenlänge haben als das äufserste Roth, und diejenigen, deren Wellenlänge kleiner ist als die des äufsersten Violett oder respective Lavendelgrau, die optischen Medien des Auges nicht durchdringen, und man, da dieses zureichender Grund ihrer Unsichtbarkeit sey, auch nicht mit Melloni behaupten dürfe, dafs ihnen an sich die Fähigkeit abgehe, die Nervenhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen. Durch die Gefälligkeit zweier meiner Freunde bin ich in den Stand gesetzt worden, noch einige Versuche anzustellen, welche in Rücksicht auf die Strahlen jenseits des Violett meine Ansicht zur Gewifsheit erheben, in Rücksicht auf die Strahlen jenseits des Roth die Wahrscheinlichkeit derselben in hohem Grade steigern. Meine Versuche über die Strahlen jenseits des Violett sind folgenderweise angestellt: Hr. Dr. Gustav Karsten hatte sich ein dunkles Zimmer mit einem Heliostaten eingerichtet, um prismatische Spectra vom Sonnenlichte mit den Fraunhofer'schen Linien photographisch abzubilden, was ihm mit einem sehr empfindlichen Papiere, über dessen Zubereitung und Eigenschaften ich seiner Publication nicht vorgreifen will, auf das Vollkommenste gelang. Das Maximum der chemischen Wirkung fiel bei seinen Bildern zwischen die Linien *G* und *H* des Fraunhofer'schen Spectrums, also vom Anfang des Indigo bis zur Mitte des Violett.

Ich durchschnitt nun die Sclerotica eines frischen Ochsen-

1) S. Annalen, Bd. 65, S. 593.

auges im Aequator desselben, löste die vordere Hälfte mit der Cornea ab, und befestigte sie durch einen Klemmring auf einen anderen Metallring von 14 Mm. Höhe, auf den sie genau paſste, und der seinerseits in einen Metallschirm eingelöthet war, über den er 5 Mm. hervorragte. Nun präparirte ich den Glaskörper in Verbindung mit der Linse aus dem zurückgebliebenen Theile des Auges heraus, legte ihn, die Linse nach oben gewendet, in die durch den Metallring, den vorderen Theil der Sclerotica und die Cornea gebildete Höhlung, und befestigte ihn mittelst einer gewölbten Blendung mit einer Oeffnung von 7 Mm. Radius, welche in ein inwendig geschwärztes Messingrohr gelöthet war, das ich von der freien Seite in den Metallring hineinschieben konnte. So hatte ich nun eine dioptrische Combination von Linse, Glaskörper und Cornea, welche so vollkommen war, daſs sie beim Hindurchsehen die Gegenstände in scharfen und deutlichen Bildern erkennen lieſs, und durch welche ich Strahlen aus verschiedenen Theilen des Spectrums fallen lassen konnte, um sie nach ihrem Durchgange durch ein im Brennpunkte des Systems aufgestelltes empfindliches Papier auf ihre chemische Wirksamkeit zu untersuchen. Wir fanden nun, daſs, während die Wirkung des violetten Lichtes nach dem Durchgange durch das Auge noch so heftig war, daſs sich schon nach $1\frac{1}{2}$ Minuten auf dem Papier ein völlig schwarzer Punkt mit einem braunen Hofe befand, an der Gränze des Violett die Wirkung plötzlich so sehr abnahm, daſs die am wenigsten brechbaren der lavendelgrauen Strahlen in einer Zeit von mehreren Minuten nur einen lichtbraunen Punkt hervorbrachten. In der Gegend der Liniengruppe *M* des Draper'schen Spectrums endlich und darüber hinaus war die Wirkung so vollkommen aufgehoben, daſs selbst nach 10 Minuten noch keine Spur auf dem Papier zu sehen war.

Nahezu in derselben Gegend hörte die Wirkung auf, als wir die Linse des Auges allein anwendeten, so daſs es sich wiederum zeigte, daſs die Strahlen jenseits des Violett vornehmlich durch die Linse absorbirt werden.

Diejenigen, welche diese Versuche nachmachen wollen, warne ich, sich nicht täuschen zu lassen, wenn sie von den dunkeln Strahlen jenseits des Violett scheinbar noch Durchstrahlungseffecte erhalten. Sie werden sich nämlich in diesen Fällen bei einiger Aufmerksamkeit immer überzeugen, dafs die Stelle, an welcher sich nach dem Versuche die chemische Wirkung zeigt, während des Versuchs nicht dunkel, sondern schwach erhellt ist, und zwar von gemischtem Lichte. Das Licht, welches hier erhellt und chemisch wirkt, ist diffuses Licht, welches entweder von dem Prisma ausgeht, oder von irgend einem hellfarbigen Gegenstande, der durch das von einer Fläche des Prismas reflectirte Licht erleuchtet wird. Diese Fehlerquelle kann man dadurch beseitigen, dafs man den Schirm mit rechteckiger Oeffnung, durch welchen man das jedesmal zu benutzende Stück des Spectrums ausschneidet, nicht unmittelbar vor dem eingeschalteten Auge, sondern wenige Centimeter hinter der Sammellinse anbringt, welche zur Vervollkommnung des Spectrums hinter dem Prisma aufgestellt ist.

In Rücksicht auf die Strahlen, deren Wellenlänge gröfser ist, als die des äufsersten Roth, habe ich mit Hrn. Knoblauch folgenden Versuch angestellt: Wir setzten auf die schon oben beschriebene Weise und in demselben Apparate Hornhaut, Glaskörper und Linse eines Ochsenauges zusammen, und schalteten diese Combination in ein durch eine quadratische Oeffnung im Fensterladen einfallendes und von dem Spiegel des draufsen angebrachten Heliostaten reflectirtes Bündel Sonnenstrahlen ein. Dann stellten wir vor dem Auge einen Metallschirm, hinter demselben eine Thermosäule auf. Wurde nun der Metallschirm fortgezogen, so wich die Multiplicatornadel, je nach der Intensität der Strahlung, um 26° bis 30° ab. Rührte die hier stattfindende Erwärmung *ausschliefslich* von leuchtenden Strahlen her, so mufste sie durch eine in die Strahlung eingeschaltete Rufsschicht völlig aufgehoben werden; waren dagegen unter den erwärmenden Strahlen solche, deren Wellenlänge gröfser war als die des äufsersten Roth, so war es min-

destens im hohen Grade wahrscheinlich, dafs ein beträchtlicher Bruchtheil von ihnen die Rufsschicht durchdringen werde. Wir berufsten also das Auge auf beiden Seiten über der Terpentinflamme, was vollkommen gut, und, wie die nachherige Untersuchung zeigte, ohne alle sonstige Veränderung der Cornea und Linse gelingt. Nachdem wir nun das Auge von Neuem eingeschaltet hatten, vermochte das Wegziehen oder Einschalten des Metallschirms keinerlei Wirkung mehr auf die Nadel auszuüben. Diefs macht, wie ich glaube, in hohem Grade wahrscheinlich, dafs die optischen Medien des Auges für die dunkeln Strahlen jenseits des Roth eben so undurchgängig sind, wie für die dunkeln Strahlen jenseits des Violett.

X. *Ueber eine neue Eigenschaft des Lichts in der Wirkung des chrysamminsauren Kalis auf gemeines und polarisirtes Licht;*
von Sir D. Brewster.

(Vorgetragen in der diefsjährigen Versammlung britischer Naturforscher zu Southampton. — *Phil. Mag. Ser. III, Vol. XXIX, p.* 331,)

Das chrysamminsaure Kali, welches in sehr kleinen flachen rhombischen Platten krystallisirt, besitzt den Metallglanz des Goldes, woher sein Name entlehnt ist [1]). Wenn Son-

1) Die zuerst von E. Schunck dargestellte *Chrysamminsäure* (von χρυσος, Gold, und ἄμμος, Sand) ist ein Product der Oxydation der Aloë durch Salpetersäure, eines Processes, in dessen früheren Stadien auch die *Aloëtin*- und *Aloëresinsäure* entstehen. Um Chrysamminsäure darzustellen wird Aloë zunächst mit 8 Th. Salpetersäure behandelt, und nachdem die erste heftige Einwirkung vorüber ist, die Flüssigkeit in eine Retorte gebracht und die vorhandene Salpetersäure abdestillirt; dann setzt man nach und nach 3 bis 4 Th. starke Salpetersäure hinzu und destillirt wieder ab. Es findet dabei eine sehr langsame Einwirkung statt, die unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas einige Tage

Sonnenlicht durch die rhombischen Platten geleitet wird, so erhält es eine röthlichgelbe Farbe und ist gänzlich nach einer Ebene polarisirt. Wenn man die Krystalle mit einer Messerklinge auf ein Stück Glas preſst, so kann man sie ausbreiten wie ein Amalgam. Das Licht, welches die so dargestellten dünnsten Blättchen durchlassen, besteht aus zwei winkelrecht (*oppositely*) polarisirten Bündeln, einem von hell carminrother Farbe und einem von blaſs gelber. Bei dickeren Blättchen näheren sich beide Bündel einem gleich hellen Karminroth. Es ist jedoch das reflectirte Licht, auf welches ich die Aufmerksamkeit zu lenken wünsche.

Gemeines Licht bei senkrechter Incidenz von der Oberfläche der Krystalle oder der Blättchen reflectirt, hat die Farbe von reinem (*virgin*) Gold. So wie die Incidenz wächst, wird es immer weniger gelb, bis es zuletzt, bei sehr groſsen Incidenzen, in ein blasses Bläulichweiſs übergeht. Das so reflectirte und gefärbte Bündel besteht aus zwei winkelrecht (*oppositely*) polarisirten Strahlen, von denen der eine, in der Reflexionsebene polarisirt, bei allen Incidenzen eine blasse bläulichweiſse Farbe hat, und der andere, rechtwinklich auf jener Ebene polarisirt, bei kleiner Incidenz goldgelb ist, und so wie die Incidenz zunimmt, successiv in tieferes Gelb, grünliches Gelb, Grün, grünliches Blau, Blau und Nelkenroth übergeht.

Diese sehr merkwürdige Eigenschaft, welche ich auch an einigen anderen Krystallen entdeckt habe, wird nicht etwa durch eine auf der natürlichen Oberfläche der Kry-

dauert. Nachdem der gröſste Theil der Salpetersäure abdestillirt worden, setzt man Wasser zur Flüssigkeit, bis alles in der Säure Gelöste gefällt ist. Man erhält hiedurch eine Masse von grünlichgelber Farbe, die bei genauer Betrachtung sich aus lauter ganz kleinen glänzenden Schuppen bestehend erweist. Die Masse wird auf ein Filtrum gebracht und ausgewaschen, bis die Flüssigkeit nicht mehr gelb, sondern zart purpurroth durchläuft. Sie ist Chrysamminsäure im Zustande fast vollkommener Reinheit. Die Zusammensetzung der wasserfreien Säure ist $C_{15}H_2N_4O_{12}$, die ihres Hydrats $= C_{15}H_2N_4O_{12} + H_2O$, und die ihres Kalisalzes, welches sehr schwer löslich ist, $C_{15}H_2N_4O_{12} + KO$. (Annal. der Chemie und Pharmacie, Bd. 39, S. 1.)

stalle befindliche Oxydschicht veranlafst, und ist eben so wenig die Folge einer durch äufsere Ursachen bewirkten Aenderung der Oberfläche. Sie zeigt sich unter den gewöhnlichen Modificationen, wenn die Oberfläche des Chrysammats mit Flüssigkeiten und mit Glas in optischer Berührung steht, auch ist die Oberflächenwirkung des Krystalls auf das Licht dieselbe, der Krystall mag im Acte der Auflösung begriffen seyn oder durch mechanische Mittel eine frische Oberfläche erhalten haben. Wenn das Chrysammat aus einer wäfsrigen Lösung umkrystallisirt wird, erscheint es in Büscheln von hellrothen Prismen, deren goldene Reflexion durch das durchgelassene Licht überwältigt wird; allein wenn diese Büschel durch Druck zu einem Blättchen ausgebreitet werden, kommt die goldgelbe Farbe wieder zum Vorschein. Wenn die Krystalle des Chrysammats mit einer Weingeistlampe oder über einem Gasbrenner erhitzt werden, explodiren sie mit Flamme und Rauch wie Schiefspulver, und bei Unterhaltung der Hitze schmilzt der Rückstand, mit Hinterlassung eines Haufwerks (*crop*) von farblosen amorphen Krystallen. Dieselbe Eigenschaft des Explodirens habe ich beim aloëtinsauren Kali gefunden.

XI. *Ueber Anwendung des Galvanismus zur Prüfung der Blitzableiter.*

(Mitgetheilt von Hrn. Dr. Stricker in Frankfurt a. M.)

Am 20. Juni d. J. traf der Blitz das hohe, vor der Stadt freistehende Gebäude der Taubstummen-Erziehungsanstalt zu Frankfurt a. M. Durch das eiserne Geländer der mit einem Kupferboden versehenen Plattform angezogen, wurde er durch das herabströmende Regenwasser nach den Dachrinnen geleitet, welche an der südöstlichen und südwestlichen Ecke des Hauses bis nahe an den Boden herabführen. Der Blitz durchlöcherte an *verrosteten* Stellen mehr-

mals die Rinne, sprang, weil diese Rinne nicht ganz den Boden erreicht und er von den in den Ecken eingelassenen Ankern angezogen wurde, in's Gebäude und von einem dieser Anker zum andern fort, wobei der dieselben umgebende Draht geglüht wurde und nebst dem Bewurfe herabfiel. Die Glockenzüge des Hauses wurden gleichfalls mehrmals geschmolzen und ein Stein an der südöstlichen Ecke, in der Höhe des ersten Stocks, drei Zoll weit herausgeschleudert, indem das in ihm enthaltene Wasser plötzlich in Dampf verwandelt wurde. Der an der südwestlichen Ecke herabfahrende Blitz gelangte bis zum Boden und zerschmetterte ein vorgesetztes Fafs; der an der südwestlichen Wasserrinne herablaufende wurde durch den von eisernen Säulen getragenen, zum Gartenthore führenden Glokkenzug abgeleitet, schmolz diesen an einer *rostigen* Stelle und versengte die an den Säulen hinaufgezogenen Schlinggewächse. Gleichzeitig schlug das Wetter in ein *mit einem Blitzableiter geschütztes Haus* auf der Bornheimer Heide und beschädigte dessen Ableiter. Da nun bei der kürzlich vorgekommenen Entzündung des *Ansgari-Thurmes in Bremen* durch den Blitz dieses Schutzmittel gleichfalls seinen Dienst versagte, indem der Blitz die Leitung verliefs, und, um auf Kupfer überzuspringen, ein Brett durchschlug und entzündete, so scheint es von Wichtigkeit, die Art zu erwähnen, wie nach Angabe des Hrn. J. P. Wagner ein Blitzableiter auf dem Gebäude der Taubstummen-Anstalt hergestellt wurde, und welche Proben derselbe anstellte, um sich von dessen vollkommener Leitung zu überzeugen. Von der auf die gewöhnliche Weise construirten Wetterstange führen unter der Bretterbelegung der Plattform hin *Kupferstreifen* nach den diagonal entgegengesetzten Ecken des Daches, der nordöstlichen und südwestlichen. Sie setzen sich fort in etwa drei Zoll Breite getheerte *Messingstreifen*, welche, ziemlich nahe an der Mauer herlaufend, in die Erde sich senken, und dort mit einem waagerecht gelegten Doppelkreuz aus gewalztem *Blei* von 4 Fufs Breite und 8 Fufs Länge in Verbindung stehen. Um nun die zwischen bei-

den Ableitern ununterbrochen bestehende Leitung, welche oben vermöge der unmittelbaren Metallverbindung, unten durch die Erde hindurch stattfindet, nachzuweisen, wurde die so gebildete Kette dadurch erweitert, daſs die wenig über der Erde befindliche Schraubenverbindung der einzelnen Theile eines der Ableiter gelöst und jedes dieser getrennten Stücke mit einem der Leitungsdrähte eines Volta'schen Elements verbunden wurde, und zwar der negative Pol mit dem absteigenden, der positive mit dem aufsteigenden Stücke. Von zwei anderen Leitungsdrähten wurde der eine permanent mit einer Spirale von Kupferdraht, welche einen Eisenkern umschlieſst, verbunden; der andere diente dazu, durch seine Annäherung und Entfernung zu und von der Spirale die Kette zu schlieſsen und zu öffnen. In der Nähe der Spirale befand sich eine aufgehängte Magnetnadel, welche im Augenblicke der Schlieſsung durch den in dem Eisen entwickelten Elektromagnetismus abgelenkt wurde, und im Augenblicke der Oeffnung ihre Stelle wieder einnahm.

Ist der galvanische Strom durch eine schlecht leitende, d. h. *rostige*, Stelle unterbrochen, so findet natürlich keine Ablenkung der Nadel statt; da aber in diesem Fall der Blitzableiter gefährlich wird, indem der Blitz an der schadhaften Stelle das Metall schmilzt und auf einen besseren Leiter überspringt, so ist es rathsam, besonders bei schon länger bestehenden Blitzableitern, diesen eben so einfachen als sinnreichen Versuch in jedem Frühjahre zu machen, um sich zu überzeugen, daſs während des Winters keine Unterbrechung der Leitung durch die Ungunst der Witterung entstanden sey.

XII. *Ueberall verbreitetes Vorkommen von Kupfer und Arsen.*

In den *Compt. rend. T. XXIII, p.* 612, giebt Hr. Professor Walchner, in Carlsruhe, Nachricht von seiner merkwürdigen Entdeckung des überall verbreiteten Vorkommens sehr kleiner Mengen von Kupfer und Arsen in Begleitung des Eisens. Um diese Metalle aufzufinden, braucht man nur Schwefelwasserstoffgas durch die salzsaure Lösung des eisenhaltigen Körpers streichen zu lassen, so lange, bis das Eisenchlorid in Chlorür verwandelt und die Flüssigkeit so sehr mit Gas gesättigt ist, dafs sie, nach mehrstündigem Stehen in einer verkorkten Flasche, noch stark nach Schwefelwasserstoffgas riecht. Der erhaltene Niederschlag, wohl gewaschen, dient zu allen Operationen, durch welche die Wissenschaft das Daseyn von Kupfer und Arsen nachzuweisen versteht; er giebt die positivesten und unzweifelhaftesten Reactionen.

Auf diese Weise hat Prof. W. die erwähnten Metalle gefunden im Brauneisenstein, Spatheisenstein, Sumpferz, in den oolithschen und körnigen Mineralien der Juraformation, welche er als Absätze alter eisenschüssiger Quellen ansieht; ferner in dem von einer grofsen Anzahl von Mineralwässern abgesetzten Eisenocker, z. B. in dem von Griesbach, Rippoldsau, Teinach, Rothenfels, Cannstadt (sämmtlich im Schwarzwald), Wiesbaden (in diesem auch Antimon), Schwalbach, Ems, Pyrmont, Lamscheid, Brohl (bei Andernach) [1]); eben so in dem eisenschüssigen Ackerboden von Wiesloch und Nufsloch (bei Heidelberg), in vielen Arten Thon und Mergel, z. B. dem Löfs des Rhein-

1) Prof. W. erinnert daran, dafs bereits Tripier in den Mineralwässern von Hammam-Berda und Hammam-Kutin Arsenik fand. (S. Ergänzungsband d. Ann. S. 376.) — Dagegen konnte Hr. Flandin das eigends darauf untersuchte Mineralwasser von Passy nicht arsenhaltig finden. (*Compt. rend. T. XXIII, p.* 634.)

thals. Ja sogar das meteorische Eisen erwies sich nicht frei von Kupfer und Arsen; sie fanden sich in dem Pallas'schen Eisen [1]), dem von Yuanhuitlan (bei Oaxaca in Mexico), dem von Tenessee (beschrieben von Troost in Silliman's Journal) und dem im Yale-College (in Connecticut) aufbewahrten.

XIII. *Ueber elektrische Maschinen aus Papier; von R. Wolf.*

(Uebersandt aus den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern. No. 77 und 78; August 1846.)

Hr. Prof. Schoenbein in Basel berichtet im 68. Bande von Poggendorff's Annalen (S. 159 und 160), dafs er ein sehr leicht elektrisch erregbares Papier gefunden habe, durch welches er unter Anderem auch hoffe, die Glasscheiben der Elektrisirmaschinen vortheilhaft ersetzen zu können. Je Auffallenderes Hr. Schoenbein zum Voraus von den Eigenschaften seines Papieres zu sagen hat, um so interessanter mufs auch die historische Notiz erscheinen, dafs der bernerische Optiker und Mechaniker, Johann Jacob Mumenthaler in Langenthal, schon im vorigen Jahrhunderte eine ähnliche Entdeckung machte. Man liest nämlich in den zu Zürich erschienenen Monatlichen Nachrichten Schweizerischer Merkwürdigkeiten vom Jahre 1778, dafs Mumenthaler eine elektrische Maschine von ganz neuer Erfindung verfertigt habe, womit man die stärksten Versuche mit leichter Mühe machen könne. Die Scheibe bestehe aus einem eigends dazu verfertigten starken und dichten Papier, übertreffe an Wirkung die zerbrechlichen gläsernen Kugeln, und erfordere weder Amalgam noch ein anderes Hülfsmittel. Auch finde man bei Mumenthaler papierne Elektrophoren, welche diejenigen von Pech übertreffen [2]).

1) In dem Peridot des Pallas'schen Eisens ward schon, wie Prof. W. bemerkt, von Rummler (Ann. Bd. 49, S. 591) arsenige Säure entdeckt.

2) Bekanntlich construirte auch Ingenhoufz Elektrisirmaschinen aus gefirnifster Pappe, doch wie es scheint nicht früher. (*Phil. Transact. f.* 1779, *p.* 659.). *P.*

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

Namenregister
von Band LXI bis Band LXIX.

[Kürze halber sind diese Bände nur durch I, II, III .. IX bezeichnet.]

A.

D'Abbadie, Trockenheit d. Luft in Abessyn., VIII. 572.
Academie gemeinnütz.Wissensch. zu Erfurt, deren Progr., VI. 462.
Acosta, Schlammauswurf d. Vulc. v. Ruiz, IX. 60.
Allan, Wachsen d. Korall., IV. 605.
Allen, Mechan. Kraft d. Niagara-Falls, II. 447.
L'Amy, Donnerwetter, das Buchstaben abgedruckt, VII. 587.
Amici, Neuer Polarisat. Apparat, IV. 472. — Beschreib. e. kleinen achromat. Mikrosk., IV. 476.
Andrews, Temperat. Veränder. b. Austausch v. Basen, VI. 31.
Andriessen, Neue Einrichtung d. Goldblatt-Elektrom., II. 493. — Abändr. d. Heronsbrunn., IV. 332.
Arago, Nordlichtartig. Wolk., II. 390. — Zur Geschichte d. Therm., III. 122.
Arppe, Einige Verbindungen des Wismuths, IV. 237.

B.

Babinet, Bestimm. d. Dispersion in durchsicht. Substanzen, die nur in sehr kl. Stücken zu haben sind, VII. 139. — Ueb. d. feurig. Wolk. d. Sonne als planetare Mass., VIII. 214. — Starke Magnete aus weich. Eisen ohne elektr. Ströme, IX. 428. — Ueber Brewster's Neutralpunkt, IX. 462.
Baden Powell, s. Powell.
Bailly, Meteoreolog. u. hypsometr. Beobb. aus Guatemala, IX. 469.
Barfufs, Construct. zusammengesetzter Mikroskope, VIII. 88.
Barreswil, Wasserzersetz. durch Metalle b. Gegenwart. v. Säuren u. Salzen, VI. 449.
v. Baumhauer, Muthmaafsl. Ursprung d. Meteorst., nebst Analyse d. am 2. Juni 40 bei Utrecht gefalln., VI. 465.
Becquerel (E.), Gesetze d. elektrochem. Zersetz., V. 461. — S. Moser.
Beetz, Einige Erschein. d. Voltaschen Zersetz., I. 209. — Ueb. d. Kobaltoxyde u. einige Verbindung. derselb., I. 473. — Ueb. d. Anlauf d. Eisens u. dess. Zusammenhang mit d. Passivität, II. 234. — Volt. Polarisat. d. Eisens, III. 415. — Ueb. d. Passivität d. Eisens, VII. 186. — Veränder. d. elektromot. Kraft d. Eisens, VII. 365 (gegen Martens).
Bellevue (Fleuriau de), Regenmenge zu Rochelle, I. 415.
Belli, Neuer Condensat. Hygrometer, VII. 584.
Berlin, Atomgewicht d. Chroms, VII. 258.
Berzelius, Ueb. d. Allotropie einfacher Körper, I. 1. — Atomgew. d. Schwefels u. Goldes, V. 319. — Ansicht in Betreff d. organ. Zusammensetz., VIII. 161.
Bineau, Dichte des Essigsäuredampfs b. verschied. Tempp., III. 596. — Dichte d. Dampfs d. Ameisensäure u. Schwefelsäure-Hydrats, V. 424.
v. Blücher, Umwandl. des Rohrzuckers in Milchsäure, III. 425.
Böttger (Rud.), Einf. Verfahren Stahllamellen z. Max. d. Tragkr. zu magnetis., VII. 112. — Amalgamat. d. Stabeis., Stahls u. Gufseisens, VII. 115. — Gewinn. von

rein. Eisen i. cohärent. Gest. durch Galvanism., VII. 117. — Ueb. Faraday's neueste Entdeck., VII. 290. — Ueb. d. durch Elektromagn. im polaris. Licht sich kundgebende Molecular-Aender. in flüss. u. fest. Körpern, VII. 350.
Bonjean, Schwefel auf v. Blitz getroff. Metall., IX. 534.
Bonnafont, Medicin. Anwend. d. Stimmgabel, V. 448.
Botzenhart, Ueb. d. v. farbigen Körp. reflect. Licht, VIII. 291.
Boussingault, Ueber d. Geruch b. Blitzschläg., VIII. 448.
Bouton, Regenmenge u. Verdunst. zu Port-Louis, I. 414.
Bravais, Blitze ohne Donner, VI. 532. — Ueb. d. weifs. Regenbog., VIII. 35. — Sonnenringe beob. in Paris, IX. 465. — S. Martins.
Breda, Erwärmung d. Eisens b. Magnetisir., VIII. 552.
Breguet, App. z. Messen d. Geschwindigk. eines Geschosses in verschied. Punkten seiner Bahn, IV. 459.
Breithaupt, Ueb. d. Manganerze, deren Krystallis. in die holoëdr. Abth. d. rhomb. Syst. gehört, I. 187. — Zwei neue Kupfermin. a. der Ordn. der Glanze, I. 671. — Fundort des Cubans, I. 675. — Vorläuf. Not. über e. dem Allanit ähnl. Min., II. 273. — Krystallis. d. Okenits od. Dysklasits, IV. 170. — Ueb. d. Nickel-Biarseniet, IV. 184. — Unters. des Xanthokons, IV. 272. — Loxoclas, ein neues Glied d. Felsitgatt., VII. 419. — Merkw. Felsit v. Marienberg, VII. 421. — Neue Minerale (Manganocalcit, Plinian, Stannit, Kastor u. Pollux, Spinellus superius, Zygadit), IX. 429.
Brewster, Ursach. d. Farben d. irisir. Agats, I. 134. — Combinat. verläng. direct. Eindrücke auf d. Netzhaut mit deren complement., I. 138. — Ueb. die Brechung d. ordentl. Strahls im Kalkspath, II. 590. — Neuer Neutralpunkt bei Polaris. d. Atmosph., VI. 456. — Schreib. darüber an A. v. Humboldt, VII. 592. — Wirkung d. chrysammins. Kali auf gem. und polaris. Licht, IX. 552.
Brooks, Analyse d. körn. Albits v. Gotthardt, I. 392. — Doppelsalze aus Quecksilb.-Oxydul und Oxyd, VI. 63.
Brücke, Bluten d. Rebstocks, III. 177. — Verhalten d. opt. Medien d. Auges geg. Licht- u. Wärmestrahlen, V. 593. — Nachtr. dazu, IX. 549.
Brunner (jun.), Ueb. d. Dichte d. Eises b. verschied. Temperaturen, IV. 113.
Brunner (sen.), Ueb. natürl. u. künstl. Ultramarin, VII. 541. — Bestimm. d. Kohlensäure in Salzverbindungen, VIII. 272.
Buijs-Ballot, Akust. Versuche auf d. niederländ. Eisenbahn, nebst Bemerk. z. Theorie v. Doppler, VI. 321. — Abhängigk. d. Krystallf. d. Mineral. a. ihren Atomen, VII. 433. — Einfl. d. Rotation d. Sonne auf die Temp. unserer Atmosph., VIII. 205. — Einiges üb. d. Dove-sche Drehungsgesetz, VIII. 417. 553.

C.

Cahours, Dichte des Essigsäuredampfs b. verschied. Temp., III. 593. — Dichte d. Dämpfe zusammengesetzter Körper, V. 420. — Dichte d. Phosphorchloriddampfs, VII. 137.
Cangiano, Gegenwärt. Höhe des Vesuvs, VIII. 304.
Casselmann, Einige im Kreise d. Kohlenzinkbette beob. Lichtersch., III. 576.
Chancourtois, Wasser u. Natron d. Wan-Sees, IX. 479.
Channing, Hitze durch starre Kohlensäure, VI. 268.
Chodnew, Unters. e. Glimmers v. Vesuv, I. 381. — Ueb. d. rothen Albit, I. 390.
Choron, Abänder. des Leidenfrost'schen Versuchs, III. 352.
Claus, Entdeck. e. neuen Metalls (Ruthenium), IV. 192. — Ueb. d. Polin v. Osann, IV. 622. —

Unters. d. Platinrückstände nebst vorläuf. Ankünd. e. neuen Metalls, V. 200.
Cooper, Verbess. d. Wollaston-schen Instr. z. Mess. d. Brechvermög., II. 608.
Crahay, Niedrigkeit d. Temp. im Petersberge b. Maestricht, III. 166.

D.

Dabbadie s. D'Abbadie.
Daguerre, Neues Verfahr. d. empfindl. Schicht auf Platt. zu photograph. Bild. zu bereit., II. 80.
Damour, ein b. Zersäg. verknall. Obsidian, II. 287.
Danger, Leucht. d. Quecksilbers, VIII. 303.
Daniell u. Miller (W. A.), Nachträgl. Unters. üb. die Elektrolyse secundär. Verbindungen, IV. 18.
Darwin, Verbreit., Entstehung u. Beschaffenheit der Koralleninseln, IV. 563.
Daubrée, Goldgehalt des Rheinsands, VIII. 582.
Desains, Spec. Wärme d. Eises, V. 435. — S. Provostaye.
Descloizeaux, Zwei Diamante m. fest Stern im Innr., IX. 447.
Despretz, Ausdehn. d. flüssigen Wassers unter 0°, II. 284. — Gränzen hoher u. tief. Töne, V. 440.
Döbereiner, Neue Beitr. z. Gesch. d. chem. Dynamik d. Platins, IV. 94.
Donny, Cohäsion d. Flüssigk. u. deren Adhärenz an starr. Körp., VII. 562. — (mit Mareska) Wirk. liqueficirt. Gase, IV. 532.
Doppler, Bemerk. zu s. Theorie d. farb. Lichts d. Doppelsterne, Rechtfertig. gegen Buijs-Ballot, VIII. 1.
Dove, Ladungsstrom d. elektr. Batterie, IV. 81. — Bemerk. gegen Henrici, VII. 259. — Ueb. d. v. Drehungsgesetz abhängig. Drehungen d. Windfahne im Gegensatz der durch Wirbelwinde veranlafsten, VII. 297. — Ueber directe Prüf. d. Drehungsgesetzes auf d. nördl. Erdhälfte, u. üb. Wahrnehm. desselb. auf d. südl., VII. 305. — Verschiedenh. d. amerik. u. asiat. Kältepols in Bezug auf ihre Ortsverändr. i. d. jährl. Periode u. s. w., VII. 318. — Zusammenh. d. Temp.-Verändr. d. Atmosph. u. d. ober. Erdschicht mit d. Entwicklung d. Pflanz., VIII. 224. — Ueb. d. tägl. Verändr. d. Temp. d. Atmosphäre, IX. 526.
Draper, Ob Capillarität e. elektr. Phänom., VII. 284.
Drayton, Spiegelbeleg. m. Silber, VI. 454.
Dujardin, Magneto-elektr. Maschinen, VII. 44.
Dupasquier, Blaues Licht nicht blofs vom Gold durchgelass., VI. 452.
Dutrochet, Ob d. Magnetism. auf d. Saftbeweg. d. Chara vulg. einwirke, IX. 80.

E.

Ebelmen, Kieselsäure-Aeth., III. 174. — Borsäure-Aeth., III. 175. — Durchsicht. Kieselerde u. künstl. Hydrophan, VI. 457.
Eckeberg, Schon Eisensäure gesehen, II. 288.
Elias, Einfach. Verfahr. Stahlstäbe zu magnetisir., II. 249. — Bemerk. üb. d. von Böttger angegeb. Abändr. s. Verfahrens, VII. 356.
Emsmann, Opt. Täusch. am rotirend. Abplattungsmodell, IV. 326.
Erdmann (A.), Atomgew. d. Zinks, II. 611.
Erman (A.), Meteoreis. i. Rufsland, I. 676. — Gesetze d. Absorpt. d. Lichts i. Jod- u. Bromdampf, III. 531. — Bestimm. d. magn. Inclin. u. Intens. z. Berlin, VIII. 519. — Bemerk. geg. Müller's opt. Vers., IX. 417.

F.

Faraday, Liquefact. u. Solidificat. v. Gasen, IV. 467. — Ueber die magnet. Relat. u. Charact. d. Metalle, V. 643. — S. neueste Entdeck. u. deren Zusammenhang mit Seebeck's Transversalmagnetis-

mus, VII. 439 (s. Böttger). — XIXte Reihe v. Experiment. Untersuch. über Elektr. (Magnetisir. d. Lichts u. Beleucht. d. Magnetkraftlin.), VIII. 105. — XXste Reihe (Neue magnet. Wirk. u. magnet. Zustand aller Subst.), IX. 289.
Fargeaud, Ueb. Blitzschläge auf d. Strafsburg. Münst., VI. 544.
Fechner, Ueb. d. Verknüpf. der Faraday'sch. Inductionsersch. m. d. Ampère'sch. elektro-dynam. Ersch., IV. 337.
Feilitzsch (O. v.), Ausflufs der Flüssigk. aus Oeffn. i. dünn. Wand u. s. w., III. 1 u. 215.
Fermond, Ueber d. Entstehungsweise d. Töne, II. 576. 580.
Fiedler, Ein Erzgang der Kalkschlott. durchsetzt, VII. 428. — Merkwürd. Blitzschläge, VIII. 299. — Stalactit. mit Krystll. als Axen, VIII. 567.
Fischer, Bemerk. üb. d. s. g. Ozon, VI. 163. — Bemerk. zu Schönbein's Beleucht. s. Mein. betrff. d. Ozon, VI. 168 (s. Schönbein). — Zur Gesch. d. Selens, VII. 411. — Vermög. neutrl. Metalllös. geringe Meng. andr. Met. aufzulös., VIII. 571.
Fizeau u. Foucault, Ueber die Intens. des b. Davy's Vers. v. d. Kohle ausgesandt. Lichts, III. 463.
Flandin, Mineralwasser v. Passy, IX. 557.
Forchhammer, Ueb. d. Ausbruch des Hekla, VI. 458. — Nachtrag dazu, VII. 144.
Fort s. Petzholdt.
Foucault s. Fizeau.
Frapolli, Bericht über s. geolog. Unters. d. subhercyn. Hügellands, IX. 467. — Lagerung d. secund. Flötze i. Nord. d. Harzes etc., Ursprung der Gypse, Dolomite und Steinsalze, IX. 481.

G.

Galle, Mess. am Regenb., III. 312.
Gassiot, Beschrb. e. grofs. Wasserbatter. u. dam. angestellt. Versuche, V. 476.
Gautier, Ueb. d. Einfl. d. Anzahl u. d. Verweil. d. Sonnenflecke auf d. irdisch. Temp., VIII. 91.
v. Gerold, Diamant. in Mexico, II. 283.
Giroux, Feuersbrünste d. Meteore, VIII. 447.
Glocker, Detonat. d. Reichenauer Bergs in Mähren, IV. 560. — Neu. Vorkomm. d. Calaits in Schlesien, IV. 633. — Vorkomm. d. Kobaltblüthe, V. 315. — Säure d. Bernsteins u. zähflüss. Bernst., VI. 110.
Goldmann, Ueb. Pflanzenernähr., VII. 125. — Ueb. Peziza inquinans, VII. 129. — Beschrb. e. Eudiomet. z. Bestimm. d. v. Pflanz. ausgeathm. Luft, VII. 293.
Graeger, Beob. üb. d. Intensität d. Winde, II. 391.
Gram, Luftbild auf Eis, VIII. 303.
Grafsmann (H.), Neue Theorie d. Elektrodynam., IV. 1.
Grisebach, Ueb. d. Pflanzennahr., IV. 630.
Grove, Volt. Zersetz. d. Wasserdampfs, III. 414. — Verhalten d. Kupfers als positiv. Pol, III. 424. — Verh. geschmolzen. Drähte d. Volt. Strom, III. 430.
Grüel, Mikroskop. Beobb., I. 220. — Elektromagnet. Glockengeläute, VIII. 293.

H.

Hällström, Zeiten d. Aufthauens u. Zufrier. einig. nord. Gewässer, VI. 386.
Hagen (G.), Vergl. d. Wasserstände an d. preufs. Ostseeküste, IV. 543. — Ueb. d. Oberfläche d. Flüssigk., VII. 1 u. 152.
Hagen (R.), Aeth. Oel aus Nadl. v. pinus sylv., III. 574.
Haidinger, Durchsicht. Andalusit v. Brasil., I. 295. — Diaspor v. Schemnitz, I. 307. — Meteor-Eisen in Ungarn, I. 675. — Ueb. Pseudomorphos. u. ihre anogene u. katogene Bild., II. 161 u. 306. — Piauzit, II. 275. — Direct. Erkennen d. polarisirt. Licht, III. 29. — Farbe d. Axinits, III. 147. — Neue

Art regelmäfs. Zusammensetz. d. Dolomits, III. 153. — Pleochroismus d. Krystll., V. 1. — Quarzpseudomorphose, V. 617. — Blitze ohne Donner i. Wien, VI. 529. — Erdbeben in Salzburg, VII. 141. — Ueb. complement. Farbeneindrücke b. Beob. d. Lichtpolarisationsbüschel, VII. 435. — Graphit, pseudomorph nach Schwefelkies, VII. 437. — Cordierit, VII. 441. — Beob. d. Lichtpolarisationsbüschel im geradl. polaris. Licht, VIII. 73. — Farbenvertheil. im Cyanplatinmagnesium, VIII. 302. — Beob. d. Lichtpolaris. Büschel auf Flächen, die d. Licht in 2 auf einand. winkelrecht. Richt. polaris., VIII. 305. — Periklin, als Variat. d. Albits, VIII. 471. — Der rothe Glaskopf Pseudomorphose n. braunem etc, VIII. 478.

Hankel, Thermoelektr. einig. Krystalle, I. 281. — Thermoelektr. d. Metalle u. Erze, II. 197. — Stärke d. thermoelektr. Ströme zw. Metall., II. 479. — Magnetisir. von Stahlnadeln durch d. elektr. Funk. u. dess. Nebenstrom, V. 537. — Zweite Abhandl. darüb., IX. 321. — Verändr. d. Leitungswiderst. d. Flüssigk. durch Erhöh. d. Temp., IX. 255.

Hecker (W.), Fortgesetzt. magn. Vers., II. 366.

Heeren, Mess. d. Lichtstärke behufs photograph. Vers., IV. 309.

Heintz, Ueb. d. Zuckersäure und der. Salze, I. 315. — Neue Säure d. Menschenharn, II. 602. — Einige Wismuthverbind., III. 55. — Nachtr. dazu, III. 559. — Unters. d. Milch d. Kuhbaums u. anderer südamerik. Pflanzenmilch, V. 240. — Quantitat. Bestimm. d. Harnstoffs, Kalis u. Amm. i. Harn, u. Zusammensetz. d. salpeters. Harnstoffs, VI. 114. — Meth. d. geringste Menge v. schweflig. S. aufzufind., VI. 160. — Ob e. saure Verbind. d. Harnstff. mit Salpeters. exist., VII. 104. — Brenzl. Oel b. Darstell. d. Acetons, VIII. 277. — Quantitat. Bestimm. d. Harnstoffs im kranken und normalen Harn, VIII. 393.

Henrici, Meth. d. Widerstand. e. Galvanomet. zu bestimm., III. 344. — Bemerk., d. Theorie u. Anwend. d. Elektr. betr, IV. 345. — Einfl. d. Temp. auf Leitvermög. d. Flüssigk. f. galv. Ströme, VI. 174. — Bemerk. üb. einig. meteorol. Gegenstände, VI. 503.

Henry, Vers. über Sonnenflecke, VIII. 102.

Henwood, Meteorol. Beobb. in Gongo Soco, IX. 474.

Hefs, Meth. zur Bestimm. d. entwickelt. Wärmemenge auf nassem Wege, VI. 58.

Hoffmann (C.), Beschr. d. Tafelwaage, IV. 317.

Holtzmann, Ausfl. d. Luft aus e. Behält., I. 466. — Theor. Formel für Spannkraft d. Wasserdampfs, VII. 382.

Humboldt (A. v.), Ueb. Höhe d. ewigen Schnees an beiden Abhäng. d. Himalaya, II. 277.

J.

Jacobi, Galvan. Messingreduct., II. 230. — Galvan. u. elektromagnet. Vers., VI. 207. — Neue galvan. Combinat., VI. 597. — Galvan. u. elektromagnet. Versuche Reihe II. Abth. I. (Leit. galvan. Str. durch Flüssigk.), IX. 181. — do. Reihe II. Abth. II. (Elektromagn. Maschin.), IX. 188. — do. Reihe III. Abth. I. (Neue galv. Comb.), IX. 207. — (mit Lenz) Ueb. d. Gesetze der Elektromagnete, I. 254. 448. — Nachtrag dazu, II. 544.

Jacobson (J.), Unters. d. Stauroliths von Gotthardt, II. 419. — Schwefelsaur. Quecksilberoxyd — Schwefelquecks., VIII. 410. — Analyse v. Staurolithen verschiedener Fundorte, VIII. 414.

Jamin, Polaris. d. Lichts an Metallen, IX. 459.

Izarn, Siedpunkt d. Wass. in d. Pyrenäen, V. 368.

K.

Kerndt, Krystallis. u. Zusammensetz. d. Geokronits, V. 302.
Kersten, Analys. einig. Feldspäthe v. Egersund, III. 123. — do. der Schaalenblende v. Raibel, III. 132. — Vorkomm. v. Yttererde- u. Ceroxydulsilicat. im Erzgebirge, III. 135. — Ueber Zinkoxysulfuret., IV. 494.
Kholenati, Gletscher am Kasbek, VI. 553.
Kind, Artes. Brunnen z. Mondorf, VII. 144.
Kirchhoff, Ueb. d. Durchgang e. elektr. Stroms durch eine Ebene, besond. e. kreisförm., IV. 497. — Nachtr. dazu, VII. 344.
Knoblauch, Ueb. d. Veränder. d. strahl. Wärme durch diffuse Reflexion, V. 581.
Knochenhauer, Ueb. d. elektr. Ströme i. getheilt. Schliefsdraht d. Batterie, I. 55. — Zusammenhang d. Formel für d. Wärmeentwickl. durch elektr. u. galv. Ströme, II. 207. — Ueb. d. Schwächung des Hauptstroms b. geth. Schliefsdraht d. Batt., II. 353. — Neue Vers. üb. d. elektr. Nebenstrom, IV. 64. 284. — Gesetz d. Anzieh. eines nicht isolirt. Körp. durch die Innenseite d. elektr. Batt., V. 569. — Zum elektr. Nebenstrom, VI. 235. — Bestimm. d. compensirt. Drahtläng. ohne Luftthermo., VII. 327. — Vertheil. d. freien Spann. auf d. Schliefsdraht d. elektr. Batt., VII. 468. — Lös. d. kürzl. üb. d. Verzweig. galvan Str. aufgestellte Probl. für d. Entladungsstrom d. Batt., VIII. 136. — Spannungsverhältn. b. Ladungsstr. d. elektr. B., IX. 77. — Vergl. d. elektr. mit d. galv. Formel, IX. 421. — s. Riefs.
Knorr, Ueb. elektr. Abbildungen u. Thermographien, erster Artikel, I. 569. — do. zweiter Art., II. 464. — Dritter Art, III. 506. — Pract. Bemerk. zur Daguerreotyp., V. 30.
Kobell (F. v.), Ueb. d. Titaneisen, II. 599.
Kölbing, Meteorol. Beobb., II. 373.
Koene, Wirk. zw. schwefl. Säure u. Zink od. Eisen, III. 245. 431. — Nichtdaseyn d. schwefels. Stickstoffoxyds, III. 455. — Bestimm. d. Chlorwasserstoffs. in e. Flüssigk. mit freiem Chlor, IV. 404. — Natur d. Königswass. u. Constitut. d. Untersalpetersäure, IV. 423. — Nat. der aus d. Wechselwirk. d. schwefl. S. u. Untersalpeters. entsteh. Producte, V. 268. — Ueber d. Theorie d Fabrikat. v. Schwefels. von Péligot u. von Baudrimont, V. 273. — Bild. d. unterjodig. S. u Reaction dabei, VI. 302.
Kolbe, Chem Ersetz. durch den galv. Strom, VIII. 186.
Kopp, Siedpunktsregelmäfsigkeiten und Folgerungen daraus, III. 283 (s. Schröder). — Nachtr. dazu, V. 89. — Bemerk. zu Löwig's Volumtheorie, IX. 506.
Krüger, Farbenändr. d. Lös. des neutr. schwefels. Chromoxyds b. Erhitz., I. 218. — Gefällt. chroms. Chromoxyd verglich. mit Chromsuperox., I 406. — Bildung von Kupfersäure, II. 445.
Kupffer, Jährl. Gang d. Baromet. in Sitcha, IV. 636.

L.

Lamont, Tägl. Variat. d. magnet. Elemente in München, I. 95.
Langberg, Bestimm. d. Temp. u. Wärmeleit. fester Körp., VI. 1. — Magn. Intensitätsbestimm., IX. 264.
Laugier s. Arago.
Lenz, Gesetze d. Wärmeentwickl. durch d. galvan. Strom, I. 18. — (mit Saweljew) Ueb. d. galvan. Polarisat. u. elektromotor. Kraft d. Hydrokett., VII 497. — s. Jacobi.
Linari (Santi) s. Palmieri.
Link, Ersch. b. Gefrier. d. Wass. unt. d Mikrosk., IV. 479.
Lipowitz, Lichtstärke für photograph. Zwecke zu bestimm., I. 140. — Bestimm. d. Lichtstärke b. Erzeug. photograph. Bilder, III. 348 (s. Heeren).
Löwig, Ueb. d. Zusammenh. zw. Atomvol. u. Atomgew. d. flüssig.

organ. Verbindd., IV. 209. — do. zweite Abhandl., IV. 515. — do. dritte Abhandl., VI. 250 (gegen Schröder). — do. vierte Abhdl., VIII. 51 (geg. Kopp) — S. Kopp u. Schröder. — Ueb. Schwefelcyanäthyl. u. Zusammensetz. der Schwefelblaus., VII. 101.
Lohmeier, Unters. d. Lithionglimmers v. Zinnwald, I. 377. — Des Albits v. Schreibershau, I. 390. — Natrongehalt d. Weinsteins, I. 394.
Lüdersdorff, Ueb. d. Natur der Hefe, VII. 408 (s. Schubert).

M.

Magnus, Vers. üb. d. Spannkraft d. Wasserdampfs, I 225. — Ueb. d. Kraft zur Erzeug. v. Dämpfen, I. 248. — Ueb. d. Absorptionsvermögen des Bluts für Sauerstoff, VI. 177.
Mandelsloh (Grf. v.), Temp. im Bohrloch v. Neuffen, III. 173.
Marchand, Ueb. d. Zusammensetz. d. salpetersauren Harnstoffs (gegen Heintz s. dies.), VI. 317. — Ueb. das Ozon, VII. 143.
Mareska s. Donny.
Marianini, Ersch. b. Seifenblas., d. auf Kohlens. schwimm, V. 159.
Marloye's Stimmgabeln, V. 444.
Marrian, Töne b. Elektromagnetisiren, III. 530.
Martens, Ueb. Passivität d. Eisens (gegen Schönbein), I. 121. — Ueb. denselb. Gegenstand (gegen Beetz), III. 412. — Ueb. Veränder. d. elektromot. d. Eisens, VII. 365 (s. Beetz).
Martins u. Bravais, Siedhitze d. Wassers b. Ersteig. des Montblanc, V. 365. — Geschwindigk. d. Schalls zwisch. Standpunkten von gleicher u. ungleicher Meereshöhe, VI. 351.
Masson, Elektro-photometr. Studien, III. 158 u. 162.
Matteucci, Leitungsfähigkeit des Erdbodens für galvanische Ströme, VIII. 146.
Melloni, Ueb. d. Temp. d. verschieden. Lichtstrahl. d. Sonnenspectr., II. 18. — Neue Untersuch. üb. d. Wärmestrahl., V. 101. — Ueb. d. Wärmkraft d. Mondlichts, VIII. 220.
Melsens, Darstell. d Essigsäurehydrats, III. 593.
Merian, Regenverhältn. in Basel u. Mühlhausen, IV. 614.
Merz (L.), Opt. Versuche, III. 49. — Neuer Apparat z. Messen der Brennweite, IV. 321.
Middendorf (v.), Ueb. d. Scherginschacht b. Jakutzk, II. 404.
Miller (W. A.), Ueb. Linien im Spectr. d. durch farb. Gase gegang. Lichts u. in dem versch. Flamm., IX. 404. — S. Daniell.
Millon, Zersetz. d. Wassers bei Gegenw. v. Säur. u. Salz, VI. 449.
Morel-Deville, Phosphorescir. Regen, IV. 496.
Moser, Erwidr. an E. Becquerel, I. 412. — Meth. d. Brennweite u. opt. Hauptpunkte v. Lins. zu bestimm., III. 39.
Müller (i. Marburg), Ueb. Liskovius Unters. betreff. d Einfl. d. Weite d. Labialpfeif. auf d. Tonhöhe, III. 380.
Müller (J., i. Freiburg), Anwend. d. stroboskop. Scheibe z. Versinnl. d. Grundsätze d. Wellenlehre, VII. 271. — Fraunhofer'sche Lin. auf e. Pappschirm, IX. 93. — Prism. Zerleg. d. Interferenzfarb., IX. 98 s. Erman.
Münnich, Amalg. Eisen u. dess. galvan. Verhalt., VII. 361.
Munck af Rosenschöld, Untersuch. üb. Vertheil. u. Bindung d. Elektr., IX. 44. 223.
Muncke, Elast. d. Wasserdämpfe b. niedr. Temp., VII. 376.

N.

Napier, Elektr. chem. Zersetz., V. 480.
Natterer, Stickstoffoxydul i. flüssigen u fest. Zust., II. 132.
Naumann, Wahre Spirale d. Ammonit, IV. 538.
Neeff, Ueb. d. Verhältn. d. elektr. Polarität zu Licht u. Wärme, VI. 414. — Nachtrag dazu, IX. 141.

Nervander, Daseyn einer bisher unbek. Variat. d. Sonnenwärme, VIII. 188.
Neumann, Allg. Gesetze d. inducirt. Ströme, VII. 31.
Newbold, Temp. d. Flüsse unt. d. Trop., IX. 477.
Newton s. Sonnenuhren, VI. 461.
Nobert, Neue Einricht. d. Mutter b. Mikrometerschraub., I. 129. — Ueb. d. Prüf. u. Vollkommenheit d. jetzigen Mikroskope, VII. 173. — Preise s. Mikrosk., VII. 295.
Nollet, Entdecker der Diffusion, III. 350. — s. Parrot.
Norlin s. Svanberg.

O.

Ohm, Ueb. d. Definit. d. Tons, II. 1. — Galv. Einzelheiten, III. 389.
Osann, Analys. des i. Salpeters. unlösl Rückst. d. ural. Platins, IV. 197, IX. 453. — Guajac als Reagenz auf elektr. Str., VII. 372. — Platin i. oxyd. Zust., VII. 372.

P.

Palmieri, Elektr. Funken allein durch erdmagnet. Induct.str., VII. 245. — (mit Santi Linari) Verfolg ihrer erdmagnet. Induct. Vers., II. 285.
Parrot, Ueb. d. Ausfl. tropfbarer Flüssigk. durch kl. Oeff. im Bod. e. Gefäss., VI. 389. — Zur Gesch. der Endosmose, VI. 595. — s. Nollet.
Peligot, Darstell. v. rein. Eisen, III. 352.
Peltier, Wirk. d. elektr. Str. auf Metalle, V. 646.
Person, Verschieb. d. Nullpunkts am Therm., V. 370. — Ueb. die Verdampfungswärme, V. 426. — Ueb. latente Wärme b. Uebergang aus dem starr. in d. flüss Zust., V. 432.
Petit, Feuersbrünste durch Meteore, VIII. 447.
Petrina, Unzulänglichk. d. Ansicht, daſs Spann. Elektr. durch nicht isolirte Körper hindurchwirke, I. 116.
— Constr. magneto-elektr. Maschinen, IV. 58. — Beschaff. d. Widerstands i. e. Voltamet., IV. 357.
Petzholdt, Vers. üb. d. Dichtigk. d. Eises b. verschiedn. Temp., VI. 300. — S. Brunner u. Struve.
Phillips, Regenmenge i. verschiedenen Höhen, VI. 176.
Piddington, Wirbelsturm im indischen Meere, VII. 590.
Piil, Erfinder d. Chemitypie, VIII. 301.
Plantamour, Wasserbadtrichter, VII. 417.
Plattner, Unters. des Polianits, I. 192, — eines krystall. Buntkupfererzes, I. 395, — des Xanthokons, IV. 275, — der Kupferblende, VII. 422, — zweier Minerale v. Elba (Kastor u. Pollux), IX. 443. — Einf. Mittel, d. Temp. e. Weingeistlampe mit doppeltem Luftzug zu erhöh., V. 611.
Pleischl, Entsteh. der Blasen in Platingeräthen, III. 111. — Neues Thermo- od. Kryometer, III. 115.
Poggendorff, Ueb. d. allgem. galvanometr. Gesetz, Erwiderung auf Lenz, I. 50. — Galvan. Ströme höh. Ordnungen, I. 408. — Beschrb. d. Wippe u. deren Anwend. z. Stud. d. galvan. Polarisat., I. 586. — Rechtfertig. s. Ansicht üb. d. angebl. Rückstrom d. Volt. Säule, II. 241. — Leitung galv. Ströme durch Flüssigk., IV. 54. — Bemerk. zu Smee's u. Pouillet's Theorie d. galvan. Metallreduct., V. 473. — Galvan. Reihe in Cyankaliumlös., VI. 597. — Ueb. ein Problem d. linearen Verzweig. elektr. Ströme, VII. 273. — Ueb. galvan. Verhalt. d. amalg. Eisens, VII. 363. — Ueb. ein Gesetz bei der galv. Polarisat., VII. 528.
Pouillet, Mittel z. Messung äuſs. klein. Zeiträume, u. eins z. Mess. d. Intensität permanent. u. instantan. Ströme, IV. 452. — Theorie d. galv. Metallreduct., V. 474.
Powell (Baden), Brechverhältn. der festen Linien in den Sonnenspectren verschieden. Medien, IX. 110.

Prevost, Ueb. d. Sehen mit zwei Augen, II. 548.
Provostaye (de la) u. Desains, Ueb. d. gebundene Wärme d. Wassers, II. 30. — Ueb. d. Gesetze d. Wärmestrahl., IV. 87. — Unters. üb. d. Wärmestrahlen, VIII. 235, IX. 667.

R.

Rammelsberg, Verh. d. Kupferchlorids z. Schwefelquecksilb., I. 401. — Beitr. zur Mineralchemie, II. 137. — Bemerk. üb. d. Jodsäure, II. 416. — Unters. d. Meteorsteins von Kl. Wenden, II. 449. — Chem. Zusammensetz. des Eudyalits, III. 142. — Ueb. Terpenthinölhydrat, III. 570. — Bemerk. üb. Zink-Oxysulfuret, IV. 185. — Ueb. d. Nickelantimonglanz v. Harz, IV. 189. — Ueb. einige natürl. u. künstl. Verbindd. d. Phosphorsäure, IV. 251. 405. — Beitr. z. Kenntnifs d. Lithionsalze, VI. 79. — Versuch z. Bestimm. d. Atomgew. v. Uran, VI. 91. — Ueb. d. schwefligs. Salze, VII. 245. 391. — Ueber chroms. Chromoxyd, VIII. 275. — Zersetzproduct. d. oxals. Eisenoxyduls in höh. Temp., VIII. 276. — Zusammensetz. einig. phosphors. Salze, VIII. 383. — Mineralanalysen (Achmit, Apatit, Apophyllit, Arseniosiderit, Boulangerit, Epidot, arsensaures Kupferoxyd, Manganocalcit, Nickelglanz, Polyhalit, Prehnit, Psilomelan, Pyrophyllit, Scheelit, Schwerspath, Thuringit, Weifsgültigerz, Wolfram, Zinnkies), VIII. 505.
Regnault (V.), Ueber gebundene Wärme d. Wass., II. 42. — Ueb. d. spec. Wärme (dritte Abhandl.), II. 50. — Hygrometr. Studien, V. 135. 321. — Siedpunkt d. Wass. in verschiedn. Höh., V. 360, VII. 384. — Bestimm. d. Dichtigk. d. Gase, V. 395. — Ueb. e. Volumenometer, VI. 445. — Ueb. d. Elasticität d. Gase, VII. 534.
Reich, Wirk. einig. Blitzschläge in Freiberger Gruben, V. 607.
Requien, Zur Gesch. d. Thermometer, III. 122.
Riefs (P.), Ueb. elektr. Eigenschft. brennend. Körp., I. 545. — Nachtr. z. Abhandl. üb. Pyroelektr., I. 659. — Wärmeerregung im verzweigt. Schliefsbog. d. elektr. Batt., III. 481. — Ueb. d. elektr. Leitvermög. einig. Stoffe, IV. 49. — Phosphorescenz d. Diamants, IV. 334. — Ueber Glüh. u. Schmelz. v. Metalldräht. durch Elektr., V. 481. — Elektrolyt. Bilder, VII. 135. — Merkw. Eigenschft. d. Glimmers, VII. 354. — Ueb. Ablenk. der Magnetnadel durch d. elektr. Batt., VII. 535. — Ueb. elektr. Figuren u. Bilder, IX. 1. — Ueb. d. Vergl. d. Reibungselektr. mit d. galvan. Elektr., IX. 151. — Ursache der Luft-Elektr. noch unerwies., IX. 286. — Ueb. d. Entladungszeit d. elektr. Batt., IX. 426. — Bemerk. gegen Knochenhauer, IX. 480.
Rive (de la), Schwingungsbewegung in Körpern durch d. elektr. Str., V. 637.
Rochet d'Hericourt, Magnet. Inclin. in Schoa, VIII. 470.
Röbber, Ueber d. Cour. ascend., IV. 484.
Romershausen, App. z. Beob. d. atm. Elektr., IX. 71. 476.
Rose (G.), Ueb. d. Krystallsyst. d. Quarzes, II. 325. — Ueb. d. Quarzkrystall b. Jerischau, II. 333. — Vergl. d. Krystlls. d. Columbits u. Wolframs, IV. 171. — Nachtrag dazu, IV. 336. — Merkw. Zwillingskrystall v. gediegn. Silber v. Kongsberg, IV. 533. — Ueber die Vermindr., welche d. spec. Gew. des Porzellans b. Brennen ungeacht. d. Schwind. erleidet, VI. 97. — Ueb. d. Phenakit v. Ilmengebirge, IX. 143. — S. Riefs.
Rose (H.), Ueb. d. wasserfr. schwefels. Ammon., I. 201. — Ueb. das wasserfr. schwefligs. Ammon., I. 397. — Ueb. d. Titansäure, I. 507, II. 119. 253. 591. — Ueb. Schwefelcalcium I. 669. — Zusammensetz. d. Tantalits u. neues Metall (Niobium) im Tantalit v. Bayern, III.

317. — Ueb. d. Carlsbader Mineralwasser, V. 308. — Bemerk. über Zusammensetz. der phosphorig. u. unterphosphorig. Säure, VII. 285. — Spratzen d. Silbers, VIII. 283. — Einwirk. d. Wass. auf Chlormetalle, VIII. 439. — Ueber ein zweites neues Metall (Pelopium) im Tantalit v. Bayern, IX. 115.
Runge, Ueber Cyaneisenkalium, VI. 95.

S.

Sabler, Meth. z. Bestimm. d. Brechverhältn. durchsicht. Körp., V. 80.
Salm-Horstmar (Fürst), Ausdehn. d. Wass. unter 0°, II. 283.
Savart, Unters. üb. d. Beschaffenh. stehender Wellen, VI. 374. — S. Seebeck.
Saweljew s. Lenz.
Schaffgotsch (Graf), Ueb. das spec. Gew. d. Kieselerde, VIII. 147.
Schaper, Temp. Beobb. in Elbing, VIII. 575.
Scheerer (Th.), Nachträgl. üb. d. Wöhlerit, I. 222. — Bernstein in Norweg., I. 223. — Ueb. d. Aegyrin, I. 543. — Unters. d. Allanits, Gadolinits u. verwandt. Mineralien (zweite Fortsetz.), I. 636. — Polykras u. Malakon, zwei neue Min., II. 429. — Yttrotitanit, neues Min., III. 459. — Unters. d. Sonnensteins, IV. 153. — Mikroskop. Untersuch. verschiedn. Min., IV. 162. — Ueb. d. Zusammensetz. d. Titaneisens u. Tantalits, IV. 489. — Beitr. zur Kenntn. norweg. Min., V. 276. — Beitr. z. Kenntn. d. Sefström'schen Frictionsphän., VI. 263. — Ueb. d. Bestimm. d. spec. Gew. d. Min., VII. 120. — Ueb. eine eigenthüml. Isomorphie (polymere Isomorphie), VIII. 319. — Chem. Constitution d. wasserhalt. Magnesia-Carbonat. in Bezug auf polymere Isomorph., VIII. 376. — Bemerk. üb. d. Hydrat d. kohlens. Kalks, VIII. 381. — Ueb. d. Atomgew. d. Talkerde, nebst Beobb. üb. polymere Isomorph., IX. 535.
Scheidthauer, Unters. d. Albits v. Snarum, I. 393. — Chem. Unters. d. Cubans, IV. 280. — do. des Kyrosits, IV. 282.
Schmidt (C.), Ueb. d. Saccharit, I. 385. — Unters. d. Pimelith v. Schlesien, I. 388.
Schönbein, Ueb. d. Volt. Thätigk. des Sauerstoffs i. d. Grove'schen Gassäule, II. 220. — Chem. und volt. Rolle des 3. Sauerstoffatoms d. salpetr. Säure u. des 2. im Mangan- u. Bleihyperoxyd, III. 406. — Ozon ist nicht salpetr. Säure, III. 520. — Ueb. d. Natur d. Ozons, V. 69. — Bemerk. üb. d. Anwesenh. d. Ozons in d. atm. Luft u. dess. Rolle b. langsam. Oxydat., V. 161. — Ozon verglichen mit Chlor, V. 173. — Beleuchtung d. Mein. Fischer's üb. d. Ozon, V. 190. — Einwirk. d. Ozons auf organ. Subst., V. 196. — Einige Bemerk. zu Williamson's Versuch. üb. d. Ozon, VI. 291. — Erwidr. auf Fischer's Replik, VI. 593. — Natur d. Ozons, VII. 78. — Eigenthüml. Darstell. d. Kaliumeisencyanids, VII. 83. — Umwandlung d. gelben Blutlaugensalzes in rothes, VII. 86. — Einwirk. d. Lichts auf d. gelbe u. rothe Blutlaugensalz, VII. 87. — Ozon als Oxydationsmittel, VII. 89. — Ueb. d. Guajakharz, VII. 97. — Notiz über das Guajak, VII. 99. — Salpetersäurebildung u. Nitrificat, VII. 211. — Oxydationsstuf. d. Stickstoffs, VII. 217. — Bezieh. d. Ozons zur Untersalpeters., VII. 225. — Ueb. d. chem. Wirk. d. Platins, VII. 233. — Ueb. d. Einfl. d. Platins u. Silbers auf d. Leucht. d. Phosphors in atm. Luft, VIII. 37. — Ueber elektr. Papier, VIII. 159.
Schröder, Die Siedhitze d. chem. Verbindd., das wesentl. Kennzeich. z. Ermittl. ihrer Component., II. 184. 337. — Ueb. d. Siedhitze d. chem. Verbindd., IV. 96. — Einfl. d. Elemente auf d. Siedhitze, IV. 367 (s. Kopp). — do. zweite Abhandl., VII. 45.
Schrötter, Blitze ohne Donner in Wien, VI. 541.

Schubarth, Vermeintl. Kenntn. d. Alten vom Platin, V. 621.
Schubert, Bemerk. z. Lüdersdorff's Vers. üb. die Hefe, IX. 157. 542.
Schultz (C. H.), Nahrungsstoffe, aus denen d. Pflanzen im Lichte Sauerstoff ausscheid., IV. 125. 626. — Ueb. künstl. Bild. v. entzündl. Blut durch Arzneiwirk., VI. 294.
Schumann, Temp. Beobb. in Elbing, VIII. 575.
Schunke, Chrysamminsäure, IX. 552.
Seebeck (A.), Ueb. Schwing. unt. Einwirk. veränderl. Kräfte, II. 289. — Bemerk. üb. Resonanz u. üb. Helligk. d. Farb. i. Spectr., II. 571. — Ueb. d. Definit. d. Tons, III. 353. — Ueb. d. Erzeug. v. Tönen durch getrennte Eindrücke, III. 368. — Bemerkung z. Savart's Aufs. üb. stehende Wellen, VII. 145. — Nachtr. dazu, VIII. 465. — Beitr. z. Physiol. d. Gehör- u. Gesichtssinns, VIII. 449.
Siemens, Ueb. d. Anwend. d. elektrischen Funkens z. Geschwindigkeitsmess., VI. 435.
Silliman, Meteoreisen im Staat New-York, VII. 124.
Sinsteden, Elektr. Spannungserschein., selbst Funken, an ungeschloss. Inductionsspiral., IX. 353.
Smaasen, Vom dynam. Gleichgewicht d. Elektr. in e. Ebene u. e. Körp., IX. 161.
Smee, Urs. d. Reduct. d. Metall. aus Lös. durch d. galvan. Strom, V. 470.
Splittgerber, Ueb. goldhaltiges Glas, I. 144.
Stöhrer, Constr. magneto-elektr. Maschin., I. 417. — Benutzung d. Kraft e. elektr. Spirale z. rotirend. Beweg., IX. 81.
Stricker, Blitzableiter z. prüfen, IX. 554.
Struve, Unters. d. Eises als fest. Körper, VI. 298.
Stuchbury, Wachs. d. Korall., IV. 607.
Sturm, Theorie des Sehens, V. 116. 374.
Sullivan, Elektr. Ströme u. chem. Zersetz. durch Schwing. erregt, VIII. 50.
Svanberg (L.), Atomgew. d. Eisens, II. 170 (mit Norlin). — Neue Erden in den Zirkonen, V. 317. — Ueb. ein. neuen Stoff im Eudyalit, VI. 309.
Sykes, Regenmenge zu Merkara, I. 416.

T.

Tourasse s. Drayton.
Turnor s. Newton.

U.

Unger, Vorkommen des Xanthic-Oxyds in Guano, II. 158. — Ueb. d. Xanthin, V. 222.

V.

Varrentrapp, Unters. e. krystall. Buntkupfererzes, I. 395.
Voelckel, Unters. d. Zersetz. Producte d. Schwefelblau- u. Ueberschwefelblausäure (dritte Abhdl.), I. 149. 353. — do. vierte Abhdl., II. 90. — Rationelle Zusammensetz. d. Oxamids u. der s. g. Amide überhaupt, I. 623. — Ueb. Adlerexcremente, II. 136. — Jodblei-Chlorammon., II. 252. — Verbind. von Blausäure mit Bittermandelöl, II. 444. — Ueb. Cyansulfid, II. 607. — Schwefelverbind. d. Urens, III. 96. — Verhalt. d. Schwefelcyanmetall. i. höh. Temp. III. 106. — Zersetz. der Schwefelcyanmetalle durch Schwefelwasserstoff, V. 312.
Voigtländer u. Sohn, Galiläische Perspective neuer Art, II. 159.
Virlet d'Aoust, Bodensenk. in d. Algierei, VI. 528.

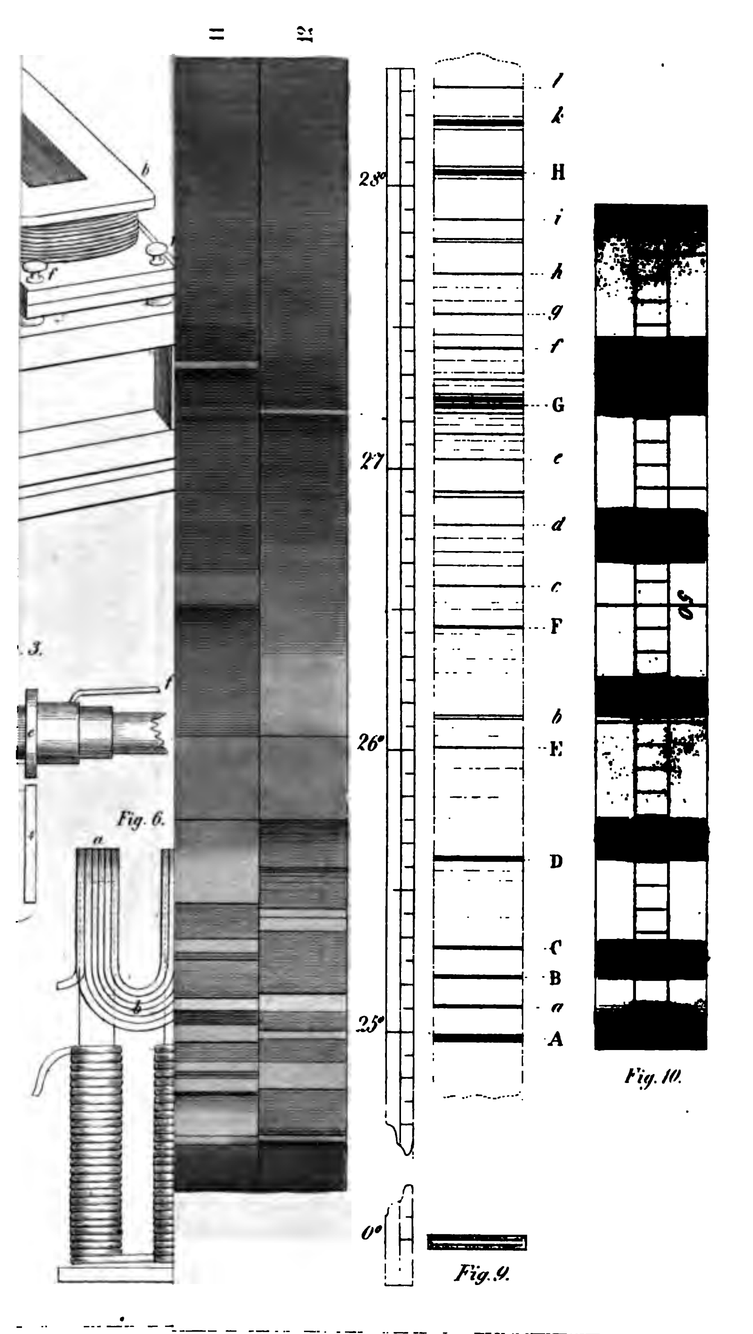
W.

Wagner, Blitzableiter zu prüfen, IX. 555.
Walchner, Kupfer u. Arsen überall i. Eisen, IX. 557.

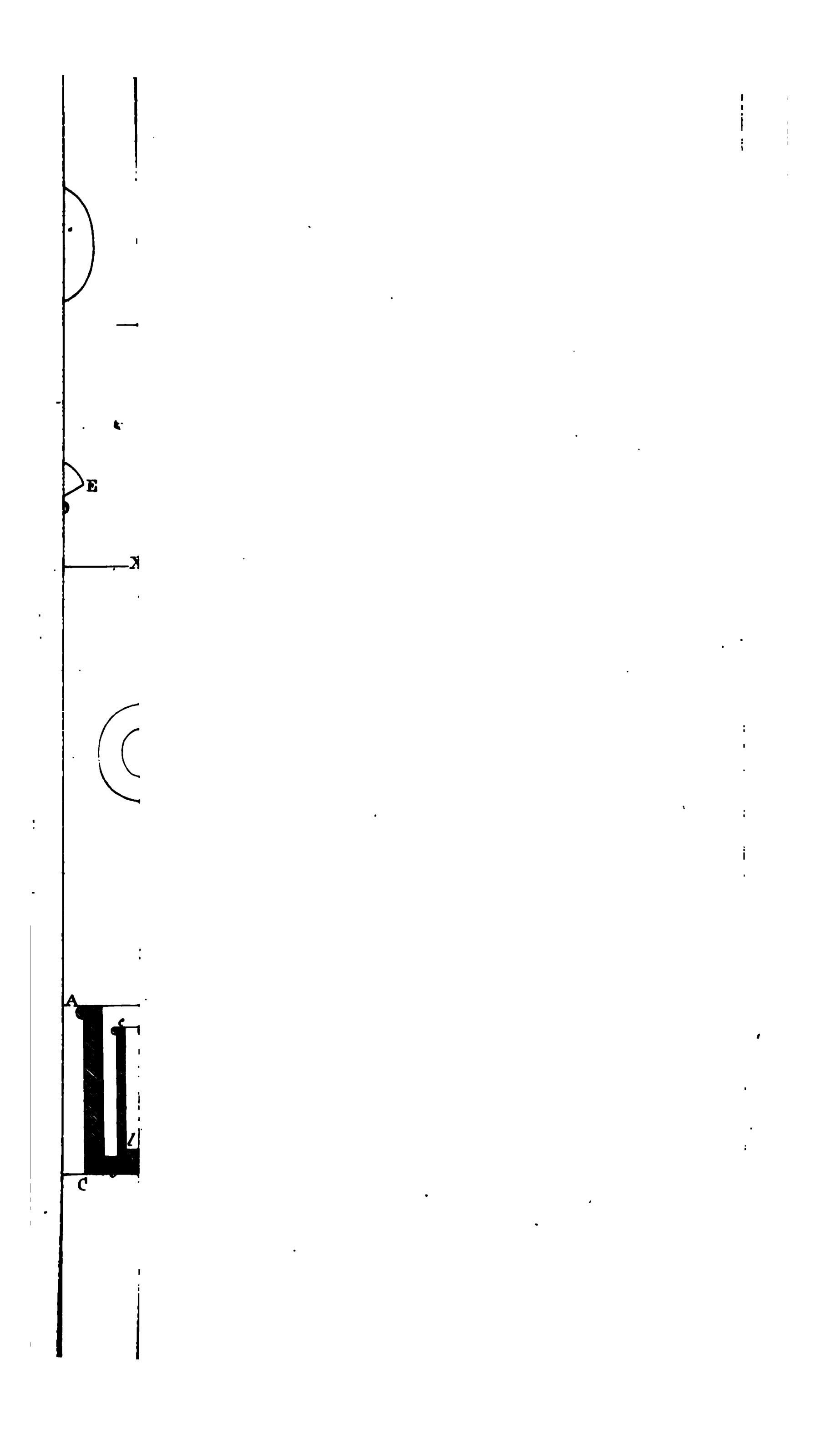
Weber (W.), Maafs d. Wirksamk. magneto-elektr. Maschin., I. 431.
Websky, Beitr. z. Charakterist. d. Dioptas, IX. 541.
Wellstead, Wachsen d. Korall., IV. 606.
Wertheim, Ueb. d. Vibrat. i. weichem Eisen durch galvan. Strom, VIII. 140.
Wheatstone, Seine galv. Batt., I. 54. — Beschrb. neuer Instrum. u. Meth. z. Bestimm. d. Constanten ein. Volt. Kette, II. 499. — Elektromagnet. Chronoskop, V. 451.
Williamson s. **Schönbein**.
Wöhler (F.), Unters. d. Narkotins u. s. Zersetzprod., I. 532. — Zur Kenntn. d. Aluminiums, IV. 447. — Ueb. d. Kryptolith, VII. 424.
Wolf, Mumenthaler's Elektrisirmaschin., IX. 558.
Wurtz, Ueber das Kupferhydrür, III. 476.

Z.

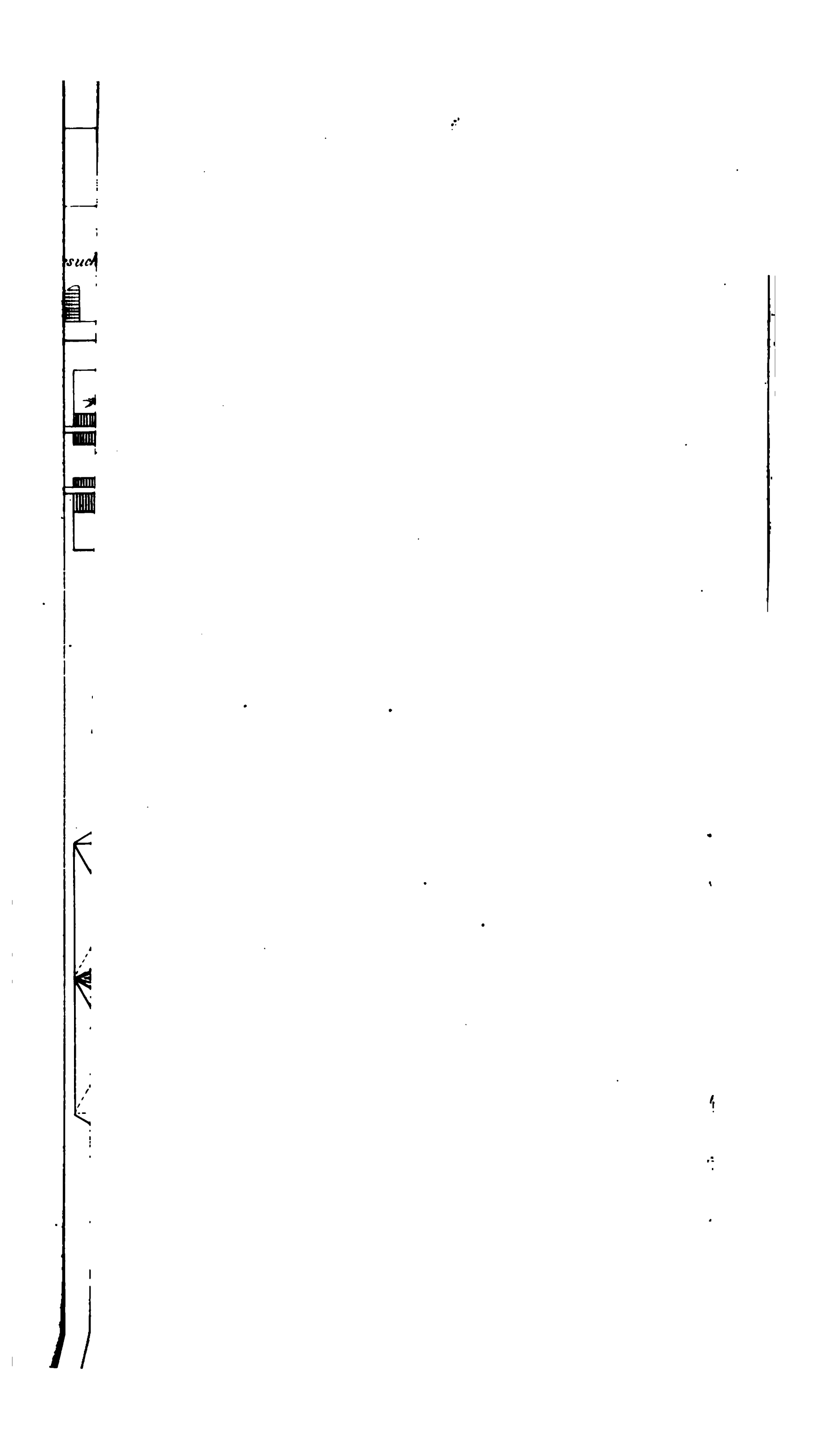
Zantedeschi, Ungewöhnl. Farbenvertheil. im Regenbogen, VIII. 566.
Zeuschner, Temperaturzunahme i. d. Grub. v. Wielitzka u. Bochnia, VI. 578.


11
12
28°
27
26°
25°
0°
l
k
H
i
h
g
f
G
e
d
c
F
b
E
D
C
B
a
A
Fig. 6.
a
b
3.
f
Fig. 9.
Fig. 10.




E
A
C
l







[illegible]

[illegible]

